

Glasröhren bei den großen Kanaltiefen gewisser Kesselsysteme aber nicht gut verwendet werden können, so gebrauchen wir aus mehreren Stücken zusammengeschaubte $\frac{3}{8}$ “-Gasröhren, die einen Emailüberzug haben oder innen mit Glasröhren ausgefüllt sind.

Die vorstehende Schilderung bringt keine Neuerung von hervorragender Wichtigkeit; durch ihre Mitteilung glauben wir aber doch so manchem, der gezwungen ist, außerhalb des Laboratoriums häufig Rauchgasuntersuchungen vorzunehmen, einen kleinen Dienst erwiesen zu haben.

Bergleute und Bergbaukunst bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern.

Von **Frd. Freise**, diplom. Ingenieur des Bergfaches.

(Hierzu Taf. XI., Fig. 18 bis 24.)

Da bei jeder Errungenschaft, welche das Resultat einer zur Vervollkommnung der menschlichen Gesellschaft unternommenen Arbeit darstellt, uns nicht nur die jetzige Erscheinungsform interessiert, sondern auch das allmähliche Heranwachsen und die einzelnen Stufen der Entwicklung der Beachtung wert erscheinen, ja erscheinen müssen, wenn wir zu einem vollkommenen Verständnis und einer richtigen Einschätzung der augenblicklichen Lage zu kommen wünschen, so muss dies auch bei der kulturgeschichtlich wichtigsten menschlichen Tätigkeit, dem Bergbau, der Fall sein. In seiner modernsten Form das Ineinandergreifen der verschiedensten naturwissenschaftlichen Disziplinen zeigend, in seinen technischen Hilfsmitteln eine gewaltige Summe menschlichen Scharfsinnes verkörpernd, verdient auch der Bergbaubetrieb wohl, dass man zurückschauend die ersten Stadien seiner kunstmäßigen Ausbildung und deren Träger einer, wenn auch nur flüchtigen Betrachtung unterziehe. Leider sind die Notizen über diesen Gegenstand bunt zerstreut, so dass die umfassende Sammlung und Sichtung dieser literarischen Schätze wohl den Inhalt eines mit emsigem Fleiße tätigen Lebens ausmachen dürfte; es konnte daher auch nicht in der Absicht des Verfassers dieser Arbeit liegen, ein in allen Stücken abgerundetes Ganzes zu schaffen, vielmehr hatte er lediglich den Wunsch, in mehr aphoristischer Weise aus dem unendlich vielgestaltigen Tatsachenmaterial einiges von besonderer Prägnanz herauszuheben, um dadurch die Freunde des Studiums der Geschichte des Bergbaues zur weiteren Arbeit anzuregen. Sollte dieser Wunsch in Erfüllung gehen, so wird es dem Verfasser zu hoher Befriedigung gereichen¹⁾.

*

¹⁾ Benützte Literatur (die zahlreichen Artikel aus Zeitschriften sind im Texte weiter unten angegeben):

- Böckh, Staatshaushalt der Athener. Berlin, 1817.
 Roloff, Bergbau und Metallurgie im alten Spanien.
 „Gehlen's Journal für Chemie.“ Bd. IX, S. 609.
 Mommsen, Röm. Münzwesen. Leipzig, 1850.
 Kordellas, Le Laurium. Marseille, 1871.
 Brugsch, Geschichte Ägyptens unter den Pharaonen.
 Leipzig, 1877.
 Achenbach, Römisches Bergrecht. „Zeitschrift für Bergrecht.“ Bd. I.
 Binder, Die Bergwerke im römischen Staatshaushalt. „Zeitschrift für Bergrecht.“ Bd. XXXII.
 Binder, Laurium; die attischen Bergwerke im Altertum. Laibach, 1895.

Der tief einschneidende Unterschied zwischen dem Kulturleben unserer Tage und dem des Altertums und vergangener Zeiten überhaupt gründet sich wesentlich darauf, dass es dem Menschen mehr und mehr, und namentlich im letzten Jahrhundert in einer vordem kaum geahnten Weise gelungen ist, die von der Natur dargebotenen Kräfte in seinen Dienst zu zwingen. Wasserdampf, elektrischer Strom, die lebendige Kraft fließenden Wassers, der Druck des Windes werden heute zu gewaltigen Arbeitsleistungen herangezogen, die wohl eines plinianischen Vergleiches mit Gigantenarbeit würdig wären. Das Altertum aber wusste nur die Kraft des Menschen und der Tiere zu benützen, und erst gegen sein Ende treten Spuren zutage, dass man auch sein Augenmerk auf die lebendige Kraft des Wassers zu lenken begonnen hatte. So beschreibt der zur Zeit Christi lebende römische Architekt Vitruvius einen Mahlgang und ein zu seinem Untreiben bestimmtes Wasserrad. In einer Epoche, wo jede, auch die schwerste Arbeit, dem Menschen unmittelbar oblag, wo nur wenige und rohe Werkzeuge seiner Muskeln Kraft unterstützten, ist es aber sehr verständlich, dass die Arbeit nicht als etwas Ehrenvolles angesehen werden konnte, sondern dass man sich dem in den allermeisten Fällen äußerst schweren Joche nach Möglichkeit zu entziehen suchte. Die Kulturaufgaben konnten also nur dadurch einer Erfüllung entgegengeführt werden, dass ein Teil der Menschen unter das Joch gezwungen wurde, indem ein anderer Teil sie zu Sklaven herabdrückte. Der Sklave vertrat im Altertum die Maschine oder das Werkzeug, wenn auch insofern nur in unvollkommener Weise, als er das von ihm Gewollte nicht mit der automatischen Willenlosigkeit ohne Abweichung und ohne Ermüdung wie die tote Maschine ausführen konnte.

Wer aber waren diese Arbeiter? In den ältesten Grubenbetrieben, von denen uns die Geschichte berichten kann, in den ägyptischen, waren es in der überwiegenden Mehrzahl Verbrecher und Gefangene aus den nicht seltenen Kriegen, daneben aber auch Schuldgefangene, in Unnade Gefallene und wenn derartiges Arbeitspersonal fehlte, selbst Unschuldige. Nicht selten war es, dass mit dem eigentlich Schuldigen seine gesamte Familie zur Bergarbeit herangezogen wurde. So lesen wir z. B. auf einer Inschrift des Amenemhat II: „Ich habe angelegt einen Bergbau durch die Alten und zwang die Jungen, das Gold zu waschen.“

Fesseln an den Füßen, arbeiteten diese Leute Tag und Nacht, bewacht von Soldaten, die, um Begünstigungen zu vermeiden, aus anderen Volksstämmen genommen waren und eine den Gefangenen unverständliche Sprache redeten. Ihre Behandlung war eine durchaus unmenschliche, kam es doch nach den Berichten Diodors nicht selten vor, dass ein Arbeiter unter den Peitschenhieben seines Aufsehers sein Leben aushauchte.

Bei den Griechen waren es, nach den erhaltenen Abbildungen zu schließen, in der Hauptsache Barbaren von den östlichen Sklavenmärkten, daneben waren auch Sträflinge in Gruben, Zerkleinerungsstätten, Wäschern und Hütten angelegt. Je nach der Güte, die von ihrem Alter, Geschlechte, Körperbau und ihrer Geschicklichkeit abhängig war, kostete ein Sklave mehr oder weniger Geld zur Anschaffung und, sollte seine Arbeitskraft möglichst lange aushalten, auch zur Unterhaltung. Im Preise standen die Grubensklaven nächst den Mühlenklaven am niedrigsten; es wurden pro Kopf Beträge von 1,5 bis 10 Minen, d. h. $M 112,5$ bis 750 ,— gezahlt. Eine besondere technische Ausbildung steigerte den Kaufpreis ganz erheblich; so erfahren wir z. B., dass der große athenische Grubenbesitzer Nikias, des Nikeratos Sohn, einen Sklaven von besonderen Fähigkeiten um ein Talent, d. h. etwa $M 4500$,— kaufte. (Binder, Laurion, S. 32.)

Im laurischen Bergbaubezirke kostete der Unterhalt eines Sklaven pro Tag etwa einen Obolus, d. h. 8 bis 10 Pf.; an Kleidung war wegen der Wärme der Gruben wohl kaum etwas notwendig, wie ja auch die korinthischen Thontäfelchen (s. weiter unten) uns stets die Arbeiter unbekleidet zeigen. Als Unterkunftsstätte dienten für einzelne Gruppen von Arbeitern elende Steinhütten, von denen im Gebiete von Laurion noch einige in Fundamentresten erhalten sind. Im allgemeinen mag man wohl die Arbeiter dauernd in der Grube gelassen haben. Geldlöhnung wurde den Arbeitern wohl niemals gezahlt, findet man doch in den alten Bauen nirgends eine griechische Münze. Diese Arbeitskräfte gehörten im athenischen Staate entweder dem Grubenbesitzer oder einem Sklavenhalter, von dem sie um eine bestimmte Abgabe (*ἀποφορά* nach Plutarch, de moribus 249) gemietet worden waren. Der Grubenbesitzer mietete gleich ganze Scharen, sog. Familien von Sklaven, zuweilen zugleich mit ihrem Aufseher. An Pacht war pro Tag und Kopf meistens ein Obolus zu zahlen; außerdem war der Pächter für die Erhaltung der Zahl der Mietsklaven und für deren Unterhalt verantwortlich.

Es ist ganz naturgemäß, dass bald den reichen Grubenbesitzern das Verständnis dafür aufgehen musste, dass aus dem Vermieten von Sklaven sehr gute Einnahmen zu erzielen waren. Indem sie auf den Sklavenmärkten die Preise in die Höhe schraubten, brachten sie den ganzen Handel bald in ihre Hand und zwangen so den minder kaufkräftigen Grubenherrn, seinen Arbeiterbedarf zu mieten. So hatte z. B. Nikias an den Thrakier Sosias 1000 Sklaven vermietet; der Schwiegervater des Alkibiades, Hippias, vermietete 600, Philomonides 300 Mann; aus dem Vermieten erzielten diese täglich rund

1 Obolus pro Kopf. Auf Grund dieser und ähnlicher Erfahrungen machte Xenophon dem Staate den Vorschlag, behufs Erweiterung seiner Einnahmen auch Sklaven zu kaufen und zu vermieten, in der staatswirtschaftlich wertvollen Anschauung und Absicht, die durch das Zusammenfließen des Gewinnes in die Hände Einzelner erlahmte Unternehmungslust der jedenfalls recht großen Anzahl von kleinen Besitzern, die nun auf Grund der Preiserhöhungen auf Mietung von Arbeitern, also Preisgabe eines größeren Gewinnanteiles angewiesen waren, durch die Aussicht auf Erwerb billiger Arbeitskräfte vom Fiskus wieder zu stärken. Hatte man von Staatswegen z. B. 1200 Mann gekauft, so brachten diese in einem Jahre bei einer täglichen Mieltaxe von einem Obolus 432 000 Obolen, d. h. etwa $M 54 000$, wofür man beim Preise von 1,5 Minen (= $M 112,50$) pro Kopf rund 500 neue Sklaven erwerben konnte.

Bei den Griechen mag wohl das Los der Grubensklaven nicht so hart gewesen sein, als bei den anderen Völkern, wenigstens kennen wir nur zwei Sklavenerhebungen, von denen die erste blutig niedergeschlagen wurde, die zweite aber für die Arbeiter erfolgreich war. Während der ganzen durch fünf bis sechs Jahrhunderte dauernden Betriebszeit ist sonst von keiner ähnlichen Erhebung etwas kund geworden, vielleicht veranlasste auch die Rücksicht auf den von dem Sklaven repräsentierten Geldwert den Besitzer zu einer guten Behandlung seiner Arbeiter.

Bei den Römern stellten in der Anfangszeit offenbar die an Ort und Stelle ansässigen Provinzialen das Arbeitspersonal, die mit der Unterwerfung in den Zustand der Halbfreiheit kamen. Sollte der Bergwerksbetrieb nicht unterbrochen oder der Gewinn nicht geschmälert werden, so war dies Vorgehen der Bergverwaltung das einzig richtige, zumal die Römer als Bürger eines Ackerbaustaates nur dem Ackerbau ihr Interesse entgegenbrachten und jede andere Beschäftigung als minderwertig ansahen. Ein Vorgehen wie das bezeichnete haben wir z. B. darin, dass Vibius (man lese bei Florus, epit. IV, 12 nach) die Dalmatiner zwang, Bergbau auf Gold zu betreiben, ferner darin, dass aus Dalmatien und Pannonien die Pirusten nach Dacien versetzt wurden. Für diese Behauptung sprechen auch die in Britannien gefundenen Bleibarren mit typischen Eingeborenen-Namen, z. B. de Cea (ngis), de Brig (antis) als Stempelinschriften. Gewisse Stämme erfreuten sich eines besonderen Rufes als Bergleute, z. B. die Galläzier in Spanien, die Piruden in Dalmatien, die Besser und Thraker in Makedonien. Namentlich Salona in Dalmatien lieferte dem Trajanus treffliche Arbeiter nach Dazien. Die am Fuße des Hämus im Gebiete des Nestus wohnenden Besser wurden durch ihre Geschicklichkeit im Stollenbau äußerst wertvolle Lehrmeister für die Miniarbeiten im Belagerungskriege, wie das Zeugnis des Vegetius in seinem (um 390 verfassten) Werke über das Kriegswesen dartut. Auch bei dem Dichter Claudianus kommen sie als bewährte Bergleute vor. Sie sind wohl als gelegentlich scharenweise wandernde Grubenarbeiter anzusehen, und

ist auf sie wohl die Verordnung des Kaisers Theodosius vom Jahre 424 zu beziehen, wo es heißt: metallarii qui ex ea regione deserta ex qua videntur oriundi, ad externa migrarunt, indubitanter ad propriae originis stirpem laremque revocentur, wonach also die auswandernden Bergleute unverzüglich an ihre Heimatstätte zurückzukehren gehalten waren, wenn diese Gegend durch den massenhaften Wegzug der Leute wirtschaftlich herunterging.

Außer diesen Arbeitern finden Soldaten, wenn auch nur zeitweise, bei Grubenbauten Verwendung. Bei Tacitus lesen wir z. B. (Annales XI, 20), dass sich die Legionssoldaten des Kaisers Claudius in allen Provinzen darüber beschwerten, dass sie zu Schürf- und Unternehmungsarbeiten herangezogen würden; unter dem Prokurator Juventius arbeitete ein Stratiotes, und ein G. Aurelius Demos, auch ein Soldat, der sich mit drei Kindern an Ort und Stelle aufhielt, als Brunnengräber. Jedoch hatten

die Soldaten, ebenso wie andere von einem Unternehmer zur Verfügung gestellte freie Arbeiter, nur Nebenarbeiten zu versehen; den eigentlichen Grubenbetrieb unter Tage versahen sie nicht. Als solche Nebenarbeiten werden z. B. in den Steinbrüchen Geräteschmiede (chalceus, siderurgos) Brunnengräber, Steinschneider (lapidicaesores), Steinspalter (quadratarii), Zeichner (artifices) bezeichnet. In den Erzgruben tritt keine so große Vielseitigkeit in der Handwerksbezeichnung ein; die Bergleute werden nur nach dem von ihnen bearbeiteten Erze unterschieden als Gold-, Silber-, Eisen-, Kupfer-, Bleibergleute (aurarii, argentarii, ferrarii, aerarii, plumbarii). Mit diesen Bezeichnungen werden gleichermaßen Berg- und Hüttenleute belegt; nur einmal erkennen wir eine Sonderbezeichnung für Hüttenleute, nämlich bei dem Dichter Ovid, welcher (Arist. III, 11, 5; IV, 1, 67) confectores aeris erwähnt, die wir uns offenbar in der officina oder flatura (Schmelzstätte) angestellt zu denken haben. (Fortsetzung folgt.)

Bericht über zwei bergmännische Studienreisen,

unternommen in den Jahren 1902 und 1903.

Von Ingenieur **Fritz Schroyer**, Mährisch-Ostrau.

(Hierzu Taf. VII bis IX, Fig. 1 bis 52.)

(Fortsetzung von S. 347.)

VII.

Nord-Frankreich.

Der bedeutendste Bergbau Frankreichs liegt im Norden des Landes in den Departements „Nord“ und „Pas de Calais“; die Verhältnisse, mit denen man hier zu rechnen hat, sind recht ungünstige. Eine stark wasserführende Überlagerung von 50 bis 200 *m* Mächtigkeit, die der Kreide angehört, bietet schon beim Ableufen der Schächte große Schwierigkeiten, welche die Anwendung besonderer Methoden, wie die des Gefrierverfahrens oder jener nach Kind-Chaudron notwendig machen. Die Schächte, die vorwiegend kreisrund, mit einem Durchmesser von vier oder mehr Metern angelegt und in Tubblings oder Mauerung gesetzt werden, besitzen Teufen bis 650 *m*.

Die zahlreich vorhandenen Kohlenflöze, die in ihrer Mächtigkeit von 0,5 bis 4,5 *m* variieren, sind durch viele Störungen aus ihrer ursprünglichen Ablagerung gebracht; ihre Lagerung ist meist flach, doch bisweilen auch steil bis überkippt. Die Kohlen sind Koks- und Schmiedekohlen; als Nebenbetrieb findet man auf den Anlagen nebst der Koks- auch die Brikettfabrikation.

Der Ausbau der Schächte weicht von dem bei uns gebräuchlichen bisweilen insofern ab, als Fahrten fehlen, zu deren Ersatze man eine Hilfsförderung eingerichtet hat, welche die Mannschaftsfahrung ermöglichen soll, falls die Hauptförderung nicht betrieben werden könnte. Veranlassend für diese Einrichtung war das Bestreben, den Widerstand, den die Fahrten und Bühnen im Schachte dem Wetterstromen bieten, zu beseitigen.

Die Sohlenabstände betragen meist 70 bis 80 *m*; gewöhnlich ist bloß ein Horizont als Förderhorizont benützt, auf den das Fördergut der übrigen Horizonte abgebremst wird, wodurch eine schwungvolle Förderung ermöglicht wird. Die infolgedessen zahlreich vorhandenen Gesenke und Blindschächte dienen teilweise, besonders bei flacher Lagerung, auch zur Untertheilung der Abbaufelder. Sie sind am Kopfe mit einer Bremsscheibe versehen und mit Gegengewicht ausgestattet. Sieht man die Notwendigkeit voraus, Berge anheben zu müssen, wird noch ein Motor für komprimierte Luft angegliedert, der mittels einer Kuppelung ein-, bzw. ausgeschaltet werden kann. Falls der zu lösende Feldesteil nur wenig oberhalb des Grundstreckenniveaus liegt, pflegt man an Stelle der Blindschächte querschlägige Bremsberge anzulegen, deren Herstellung eine bei weitem leichtere ist. Bei den auch zur Förderung benützten Wetterschächten ist die Einführung nur eines Förderhorizontes selten aufrechtzuerhalten, da diese Schächte vorwiegend neue Horizonte aufzuschließen und alte zu beenden haben.

Die Abbaue werden fast durchwegs mit Bergeversatz betrieben, u. zw. findet man streichenden und schwebenden Strebbau mit vollständigem oder teilweise Bergversatz; bei steiler Lagerung Firstenbau. Auch Pfeilerbau kommt vor; letzterer auf Bruch nur in Gruben, die keine Schlagwetter besitzen.

Der vorherrschende streichende Strebbau wird mit abgesetzten Stößen geführt, wobei die Strebhöhe immer unter 20 *m* gehalten wird. In den schlagwetterreichen Gruben gilt es als Regel, den oberen Strebpfeiler dem

Bergleute und Bergbaukunst bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern.

Von **Frd. Freise**, diplom. Ingenieur des Bergfaches.

(Hierzu Taf. XI., Fig. 18 bis 24.)

(Fortsetzung von S. 356.)

In welcher umfassenden Weise für die Grubenarbeiter gesorgt wurde, lehrt uns das im Frühjahr 1876 in der Nähe des Dorfes Aljustrel zwischen Ourique und Messejana in einem antiken Bergwerke, dem metallum Vipascense, gefundene in Erz gegrabene Berggesetz, welches aus paläographischen Gründen in die Zeit der flavischen Kaiser, etwa ans Ende des ersten nachchristlichen Jahrhunderts, zu setzen ist. Die Verordnung, welche uns nur in einem Bruchstück überliefert ist, ist ein Spezialgesetz für das Bergwerk von Vipasca und sein Territorium, vergleichbar den *leges coloniarum*, welche die Gründung einer Gemeinde aussprachen und regelten. Wenn auch das Bergwerksterritorium und seine Insassen keine Gemeinde im streng römischen Sinne des Wortes bildeten, so war seine Verfassung doch der Gemeindeverfassung ganz analog, und ebenso wie wir, trotzdem sich bei den einzelnen Stadtverfassungen nur in geringfügigen Einzelheiten Abweichungen herausstellen, doch für jede einzelne Gemeinde eine besondere, auf den Namen ausgestellte *lex* finden, können wir auch bei der Masse der sonstigen kaiserlichen Gruben analoge Bergwerks- und Territorialverfassungen annehmen.

Das Denkmal ist von Professor Soromenho 1877 zu Lissabon veröffentlicht und dann von Hübner und Mommsen, mit einem eingehenden Kommentar versehen, im III. Supplement des *Corpus inscriptionum latinarum* herausgegeben worden. Ohne uns eingehend mit der Wiedergabe und Interpretation der Urkunde zu befassen, weisen wir an dieser Stelle nur darauf hin, dass die Grubenarbeiter und ihre Familien eine Art von Berggemeinde bildeten, die durch Monopolisierung gewisser Gewerbe (z. B. Walkerei, Gerberei, Schuhfabrikation, auch wohl der Eisenverarbeitung, selbst des Barbiergewerbes) vor Ausbeutung seitens der Händler zwar geschützt war, aber bald infolge einer großen Bevormundung ganz und gar in Abhängigkeit vom Fiskus kommen musste.

Als im vierten nachchristlichen Jahrhundert die Privatindustrie zum Betriebe von Gruben zugelassen wurde, waren die Eingeborenen, soweit sich die Macht des römischen Reiches überhaupt dauernd und kraftvoll geltend machen konnte, nicht mehr als halbfreie *coloni*, welche an den Boden, den sie bearbeiteten, gebunden, mit ihm in den Besitzstand eines andern Herrn übergingen; andererseits waren sie der Ehe und des Eigentums-erwerbes fähig. Dass ihre Lage gelegentlich unerträglich wurde, beweisen schon die nicht seltenen Versuche der Auswanderung, auf denen die Arbeiter aus der Reichs-osthälfte sogar bis nach Sardinien kamen, und gegen die sich die Kaiser durch besondere Verordnungen schützen mussten, nicht minder aber auch die Tatsache, dass beim Goteneinfalle die Bergarbeiter sich den Eroberern an-schlossen.

Außer freien Bergleuten sandte man aber auch Verbrecher in die Gruben. Auf Brandlegung, Diebstahl mit der Waffe in der Hand, Gewalttat an römischen Bürgern, Wegelagerei, Notzucht, Grenzverletzung, Diebstahl in kaiserlichen Gruben und auf Prostitution männlicher Personen (letztere Bestimmung ist von Diokletian eingelegt worden) stand Verurteilung „in metallum“ oder „in ministerium metallicum“. Nach der Todesstrafe war dies die härteste Kapitalstrafe, die an Sklaven und Bürgern niederer Klasse vollzogen wurde. Der Unterschied zwischen den Strafen „in metallum“ oder „in ministerium metallicum“ ist nur geringfügig; bei der erstgenannten Strafe trugen die Delinquenten schwere, bei der anderen Verurteilung aber leichte Fesseln. Ausdrücklich heißt es von den Grubensklaven, dass sie Sklaven der Strafe, nicht solche des Kaisers sind. Im übrigen konnten auch Weiber „in metallum“ verurteilt werden, wobei man sie dann meist in den Salinen, Kalkbrüchen und Schwefelgruben arbeiten ließ. Auch konnten die Sklaven von einer Provinz in die andere verpflanzt werden, wie uns eine Stelle aus den *Digesten* belehrt. Als unter Hadrian die Christenverfolgungen einsetzten, verurteilte man auch die gefangenen Christen in die Gruben, wie man auch schon unter Titus die gefangenen Juden, sowie später unter Konstantinus die Anhänger der Manichäersecte dorthin verschickte.

Echt römische Kupfergruben mit Zeugen eines langen und bedeutenden Betriebes (auf einem Lager an der Grenze zwischen Kalk und Sandstein) in Gestalt von ausgedehnten Halden, Pingenzügen und zusammengebrochenen Stollen befinden sich zu Beni-Melout am Djebel Sidi Rgheis in Algerien. Diese Gruben sind seit 200 unter Severus von gefangenen Christen in Betrieb genommen worden, wie aus den Notizen Tertullians und Cyprians erhellt. Tertullianus sagt (in seiner *Apolog. adv. gent. XII*): *in metallo damnatur; inde censentur Dei vestri*. Viktor Vitensis sagt A. 487 von den Christenverfolgungen durch die Arrianer: *Disperguntur . . . in locis squalidis metallorum*. Auch die bei Sigus, einer Stadt am Ampsagaflusse, gelegenen Kupfergruben wurden von Christen betrieben. A. 257 wurden auf Befehl der Prokonsuln Valerianus und Gallienus der Bischof Cyprianus von Karthago nebst neun anderen Bischöfen, Priestern, Diakonen und zahlreichen Laienchristen hierhin verurteilt, um bei der Gewinnung der Erze tätig zu sein. In einem Dank-schreiben an den die Mitgefangenen durch einen Brief und Geschenke tröstenden Cyprianus heißt es *Cypriano carissimo . . . Felix, Jader, Polianus una cum praesbyteris et omnibus nobis communorantibus apud metallum Siguense aeternam in Domino salutem*.

Auch in den großen Steinbrüchen Ägyptens waren Hunderte von Christen zwangsweise angelegt. Bei Alfonsus Ciacconius, *Vitae et res gestae Pontificorum Ro-*

manorum T. I heißt es von dem Papst Clemens dem Ersten (gest. ums Jahr 100) Sanctissimus Clemens . . . in exilium ductus ultra Ponticum vel Euxinum mare versus Paludem Maeotidem prope Civitatem Chersonesum in deserto loco ubi plus quam duo mille Christiani homines ad marmora secanda erant damnati . . . Unter marmora ist auch Granit zu verstehen. Eusebius erzählt gleichfalls von den Steinbrüchen in der Thebais, dass hier eine unzählbare Menge von Christen gearbeitet habe (v. Rath, „Granit.“ Berlin, 1878, S. 46). Belzoni fand in den Brüchen zu Syene eine römische Inschrift, die nach Faustino Corsi, Delle pietre autiche, Roma 1845, S. 23 lautet: Jovi Optimo Maximo. Hammoni. Chnubidi. Junoni. Reginae. Quorum sub tutela hic mons est quod primitus sub imperio populi Romani felicissimo saeculo dominorum nostrorum invictorum imperatorum Severi et Antonini piissimorum Augustorum et Getae nobilissimi et Juliae Dominae Augustae matris castrorum Juxta Philas novae lapicedinae adinventae tractaeque sunt . . . Auch hier sind sicher gefangene Christen angelegt gewesen.

Alle in die Gruben verurteilten Verbrecher blieben andauernd unter Tage; ihr Entweichen zu verhüten, scheinen die weiten Räume bestimmt gewesen zu sein, die man gelegentlich in den Gruben gefunden, und in denen man die Sklaven eingesperrt nielt zu der Zeit, wenn sie nicht arbeiteten. Nicht unmöglich wäre es auch, dass der bei den Römergruben auffällige Mangel an Stollen als Maßregel zur Verhinderung des Entweichens der Verurteilten angesehen werden muss. Alle Sklaven wurden mit dem Brandmal versehen, zuerst auf der Stirn, wie Sueton berichtet (Caligula, c. 27), seit Konstantinus aber an Händen und Waden. Zur Bewachung dienten Truppendetachements, denen allerdings außerdem noch die Aufrechterhaltung der Ruhe und Ordnung unter den zumeist an abgelegenen Orten in großen Scharen zusammengehäuften Arbeitern oblag. Dass sich die Zahl der in einem Betriebe zusammenarbeitenden Menschen nicht selten auf Tausende belief, lässt sich außer aus den vielleicht als etwas übertrieben zu deutenden Notizen der Alten über spanische Gruben aus den Spuren an den mehrere Quadratkilometer großen Steinbrüchen Trajans in Ägypten oder an den Marmorbrüchen Numidiens ersehen.

Was bisher an Daten zusammengetragen werden konnte, entstammt antiken Denkmals- bzw. Schriftquellen und konnte aus diesem Grunde in einiger Ausführlichkeit behandelt werden; sehr wenig aber ist uns überliefert über die einschlägigen Verhältnisse bei denjenigen Grubenbau treibenden Stämmen, über die jene Quellen schweigen, z. B. bei den Germanen, Kelten, den nordwestasiatischen, bzw. russischen Stämmen. Hier sind wir nur auf Vermutungen angewiesen, auf deren Grund wir bei diesen Völkern ähnliche Verhältnisse vorauszusetzen haben, wie sie uns von den Forschungsreisenden aus dem mittleren Afrika übermittelt worden sind. Die einzelnen Familien oder Dorfgemeinschaften trieben ihren Bergbau in allerprimitivster Weise, jede

gesondert von der anderen in Eigenlöhnerbetrieben, um nachher auch Aufbereitungs- und Schmelzbetrieb in der gleichen Weise in kleinem bis kleinstem Maßstabe, auf eigenen Bedarf eingerichtet, zu veranstalten. Die am Bergbauorte Ansässigen waren vielleicht nur gelegentlich Bergleute, in der übrigen Zeit des Jahres aber anderweitig tätig. Von den in Bosnien wohnenden Ardiäern und Antiaraten wissen wir z. B., dass sie nur im Frühjahr und Sommer sich mit der Gewinnung von Steinsalz befassten, im übrigen aber Ackerbauer waren. Auch von den aus Ägypten durch die Sinaihalbinsel und die arabische Wüste nach dem Jordanlande heraufziehenden Israeliten müssen wir ähnliches vermuten, sie waren in der Hauptsache herdenzüchtende Nomaden und trieben nur ganz untergeordnet Bergbau, wenn sie auch mit ihm unter dem pharaonischen Fronjoch wohlbekannt geworden waren. Sehr weit können die wandernden Stämme in der Ausbildung des Metallverarbeitungswesens nicht vorgedrungen sein, denn gemäß der in Sam. I, 13. 19 niedergelegten Notiz hatten sie beim Eindringen in das Jordanland noch keine Schmiede, sondern mussten sich an die Ureinwohner des Landes wenden, wenn sie Pflugschar, Sense, Beil oder Haue geschärft haben wollten.

*

So viel oder besser so wenig von den Arbeitern im antiken Bergbau. Suchen wir nun aus dem vorhandenen Quellenmaterial einiges über die technischen Grubenleiter zu erfahren. Wir wenden uns wiederum zunächst ins Nilland.

Dass die Ägypter ihren Bergbau systematisch und auf Grund ziemlich umfassender geologischer Kenntnisse ausübten, ist nach den uns überkommenen Andeutungen unzweifelhaft. Bei den Tempeln des „Welterbauers“ Ptah bestanden Schulen, in denen die Kenntnisse in den Naturwissenschaften, namentlich Chemie, Metallurgie und Geologie in geheimnisvoller Lehre von den Priestern verbreitet wurden. Wie weit diese Bergschulen zurückreichen, ist unbestimmt, doch dürfte wohl die Entstehung der berühmtesten, der zu Memphis und der zu On (Heliopolis) befindlichen nicht viel jüngeren Datums sein, als die Eröffnung des Bergbaubetriebes am Sinai, die um 3760 v. Chr. stattfand. An diesen Schulen studierten auch manche Fremde; von den Griechen Herodot, Josimus, Panoplitanus, Eusebius u. a. ist dies ausdrücklich bezeugt; von anderen, z. B. den Phöniziern, die in Memphis bekanntlich ein besonderes Stadtviertel innehatten, dürfen wir es voraussetzen, auch ohne dass ein schriftlicher Beweis dafür überliefert ist.

Aus diesen Priesterschulen gingen die technischen Leiter der Gruben hervor, die „Vögte“, Rois, von denen uns einige aus Denkmälern bekannt geworden sind. Unter Amenemhat I wird ein „Vogt der Gruben“ erwähnt, der beauftragt wird, goldhaltiges Gestein aus dem Mittaglande (Wadi Ollagi in Nubien) mit einer Expedition zu holen (Brugsch, Gesch. Ägypt. unter den Pharaonen). Unter König Shepseskaf war ein Patah-Shepses, dessen Grab zu Saqqarah ist, Geheimschreiber, Oberpfleger des Heiligtums und Leiter der Grubenarbeit (a. a. O., S. 85).

Unter Amenemhat II. legte der bereits oben erwähnte Miniser Se-hathor einen Bergbau auf Gold in Nubien an. Schon unter Snoter I., dem „Herrn der Weisheit“, der um 3760 den Sinaibergbaubetrieb eröffnete, wird eines „Vogtes der Gruben“ als eines technischen Beamten gedacht. Aber auch Steinbrüche standen unter ähnlicher Leitung; so erfahren wir z. B., dass unter Pepi die Steinbrüche von El-Kab durch einen „Vorsteher der öffentlichen Arbeiten des Königs“ betrieben wurden.

Im laurischen Bergwesen lag die technische Leitung des Betriebes in der Hand von Aufsehern, die, zum Teil Sklaven, zum Teil auch Freigelassene oder Freie, wegen ihrer Sachkenntnis und Erfahrung nicht nur höher im Werte, sondern gelegentlich auch im Vertrauen ihrer Herren standen. So erwarb Nicias einen Gruben-aufseher um den Preis eines Talentes, und Nicobulos setzte seinen Leibeigenen Antigones auf einen wichtigen Vertrauensposten bei der Grube des Pantaenetos (Demosthenes' Rede gegen Pantaenetos, S. 22). Einzelne Grubenbesitzer mögen übrigens auch selber mit Hand angelegt haben; es erhellt dies aus der Demosthenischen Rede gegen Phaenippos, wo dessen Gegner ausdrücklich darauf hinweist, dass er, um es zu etwas zu bringen, mit seinem eignen Leibe sich geplagt und in der Grube mitgearbeitet habe.

Im Verbands der römischen Grubenbehörden finden wir in ähnlicher Weise größere Scharen von Freigelassenen, denen die Vermittlung des Verkehrs mit den Arbeitern sowie den höheren Betriebsbeamten oblag. Es werden der *Villicus* und der *ἐπιτηρήτης* genannt, Kategorien, denen wir die Ausführung von Aufsicht und die untere technische Leitung wohl zusprechen dürfen. In den römischen Steinbrüchen finden wir als technisch geschulte Leute z. B. einen *τεχνίτης*, einen *ἑργεπιστάτης* oder *Exactor*, einen *Probator*, Leute, welche die Gewinnung und Bearbeitung der Steine überwachten und prüften. Daneben erscheinen auch *Maschinenbauer* (*ἀρχιτέκτορας*, *Machinator*), von denen man mindestens Praxis voraussetzen muss.

Nicht selten finden wir auch Offiziere von Truppen-detachements als Leiter von Ausgrabungen und zu Schürfarbeiten befehligt, selbst an Werken, denen eine obere Behörde in Gestalt eines Prokurators vorstand, und nicht etwa auf einem exponierten Posten, wo, wie in Britannien oder am mittleren Rheine, die Legionäre auf Gewinnung oder von Metallen angewiesen waren.

Die obere Leitung eines einzelnen Werkes oder mehrerer in einem Distrikte zusammenliegender Gruben lag in der Kaiserzeit in der Hand eines Prokurators, *ἐπιτροπος τῶν μετάλλων*. Mitunter erscheinen sogar alle gleichartigen Minerallagerstätten einer Provinz einem Prokurator unterstellt. Dies hält Mommsen (s. Bericht der königl. sächs. Akad. d. Wissensch. 1852, 246) beispielsweise von den gallischen und norischen Eisenwerken erwiesen; ferner kennen wir einen Junius, *aurifodinis Dalmaticis praefectus*; in Pannonien erscheint ein *praepositus vectigalibus ferrariarum* (gemäß cod. Inscr. lat. III, 3935). Der Prokurator amtierte im Namen des

Kaisers und war in erster Linie Finanzbeamter, da es namentlich bei den Verkäufen von Gruben sehr auf das kaufmännische Geschick ankam, wie denn auch die *Autonine* (nach Dig. 49, 14; 3, 5) darauf sahen: In *venditionibus publicis fidem ac diligentiam a procuratore exigendam*; erst in zweiter Hinsicht waren sie Bergbeamte, wenn man auch in der Besetzung des Prokuratorenamtes darauf Bedacht nahm, Leute anzustellen, deren Werdegang Garantien bot. So mag wohl Absicht darin gelegen haben, den *Fruttedius Clemens*, der vordem in Dalmatien und Istrien die Prokuratorstelle besetzt hielt, auch in Galläzien und Austurien wieder darin einzusetzen; ferner wird ein gewisser *Marcio*, unter *Marc Aurel* Verwalter der Marmorbrüche, später Prokurator in Britannien, dann in Phrygien. Ein Grundsatz in dieser Verwaltungspraxis ist allerdings nicht zu finden. Im Anfang waren die Prokuratoren kaiserliche Sklaven, später Freigelassene oder freie Bürger; ihre Karriere ist in der Regel kaum zu verfolgen.

In der Führung der Amtsgeschäfte der Grubenleitung unterstützte den Prokurator ein Bureau (*ratio*) von Rechnungsbeamten und Kanzlisten. Auf Inschriften werden ein *γραμματεὺς* (Schreiber), ein *Commentariensis* oder *Tabularius* (Buchhalter) genannt, daneben *Dispensatores* (Kontrolloren), *Arcarii* (Kassenbeamte). Auf kleineren Werken war der Stab der Beamten natürlich ein bedeutend geringerer, die vorgegebenen Notizen zeigen aber, wie der Verwaltungsapparat in Großbetrieben zusammengesetzt war. Zur Stellung eines *Tabularius* konnte auch ein qualifizierter Legionär kommen; so versah z. B. bei der Bergwerksdirektion zu *Ampelum* (*Zalathna* in Siebenbürgen) ein Legionär der in *Karlsburg* stehenden XII. *Legio* dieses Amt.

*

Nach diesen einleitenden Bemerkungen suchen wir uns nunmehr den Stand der kunstmäßigen Ausbildung des Bergbaubetriebes zu vergegenwärtigen.

Sicher ist, dass der Seifenbetrieb eine der ältesten Bergbaumethoden ist; präsentieren sich doch die einem natürlichen Anreicherungsprozesse unterworfenen Seifenminerale, namentlich Gold, Edelstein, Zinnstein und Magneteisen dem Menschen am auffälligsten und reinsten. Spuren von darauf gerichteten bergbaulichen Unternehmungen konnten aber, das liegt in der Natur solcher Lagerstätten, nicht Jahrtausende hindurch erhalten bleiben, darum sind wir in dieser Beziehung nur auf Vermutungen angewiesen. Merkbarer sind dagegen die Spuren des eigentlichen Grubenbetriebes in Gestalt unterirdischer Baue und Berge-, Wasch- und Rösthalde über Tage. Die unterirdischen Räume sind zwar nur selten in ihrer Urform erhalten geblieben; Gebirgsbewegung und Gesteinsverwitterung haben diese Baue meistens zum Verbruch gebracht; sehr oft hat man in der späteren Zeit den Betrieb von neuem, mitunter sogar mehrere Male wieder auf der alten Lagerstätte aufgenommen, und dadurch die aus der ersten Betriebszeit stammenden Baue vernichtet. *Pingenzüge* und *Haldenreihen* lassen durch ihre Größe einen Schluss auf die Ausdehnung des Betriebes, die Art und Aus-

füllung der Lagerstätte und allenfalls nach Münzen und ähnlichen Funden die Bestimmung des Betriebszeitraumes zu. Jedoch sind Münzen aus Grubenbauen immerhin sehr selten, waren doch die Bergleute äußerst arme Menschen, die nicht sonderlich viel zu verlieren hatten. Die Ausbildung der einzelnen Betriebszweige wird von den Bauen selbst und den etwa darin gefundenen Geräten und Spuren dargetan.

Von geschriebenen Zeugnissen kommen außer Steininschriften (Ägypten, Babylonien-Assyrien) hauptsächlich die Mitteilungen des biblischen Buches Hiob und die Werke der griechischen und lateinischen Schriftsteller in Betracht. Was die biblische Quelle anlangt, so stammt diese jedenfalls aus der Zeit des Königs Hiskias, Salmanassars und des Propheten Jesaias (um 750) und gibt eine Darstellung ägyptischen Gold- und Türkisbergbaues, in der der uns unbekannte Autor ähnliches berichtet, wie später Agatharchides und Diodorus.

Die griechischen bergbaulichen Fachschriften sind bedauerlicherweise verloren gegangen. Theophrast hat ein Buch über Bergbau geschrieben, ein gewisser Straton von Lampsacus (nach Diogenes von Laerte) ebenfalls, endlich hat nach Athenäus ein gewisser Philo ein Buch über denselben Gegenstand verfasst. Aus allen diesen Werken findet man nur einiges Wenige in Fragmenten bei anderen Autoren angeführt, im übrigen sind nur einige Angaben bei den Grammatikern und Lexikographen älterer und mittlerer Zeit, Pollux, Harpokration, Hesychius, Suidas, die Herausgeber des Lexicon rhetoricum, welche aus den Fachschriftstellern Belege für Wort- und Sach-erklärungen entnahmen, ohne sie jedoch immer korrekt und unzweideutig wiederzugeben.

In eine ganze Menge von bergtechnischen Verhältnissen in Griechenland haben wir aber außerdem noch Einblick bekommen durch Auffindung einer großen Anzahl von Thontäfelchen, die, ohne Zweifel als Weihgeschenke für Poseidon bestimmt, nahe dem alten Korinth, südwestlich von Akrokorinth an einem Bache Pendescusia gefunden worden sind und zum größten Teil in Berlin, zum

kleineren in Paris und London aufbewahrt werden. Sie sind beschrieben im Vasenkataloge des Berliner Museums von 1885; eine Auslese davon ist in dem vom kaiserlich archäologischen Institute herausgegebenen Prachtwerke „Antike Denkmäler“ enthalten.

Hinsichtlich des Römischen Bergbaubetriebes und den darüber hinterlassenen schriftlichen Quellen ist vor allem darauf hinzuweisen, dass infolge der Tatsache, dass die Römer von Haus aus einem Ackerbaustaate angehörten, jegliches Interesse an bergbaulichen Unternehmungen fehlte, der bergmännische Betrieb vielmehr nur als Einnahmequelle betrachtet wurde, deren Ausbildung den daran ansässigen „Barbaren“ überlassen werden müsse. Dem staatswissenschaftlich, juristisch und rhetorisch gebildeten Römer lag es sehr ferne, über bergbauliche Gegenstände zu schreiben und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass die größte Fülle von Einzelheiten aus dem Bergwesen von Nichtrömern zusammengetragen worden ist. Sehr viele von diesen Schriften sind aber verloren gegangen, und so sind wir hauptsächlich auf die von dem älteren Plinius in seiner 37 Bücher umfassenden „Historia naturalis“ veranstaltete Auslese aus den Spezialwerken angewiesen. Das 33. und 34. Buch der plinianischen Naturgeschichte enthält eine ungeheure Menge von Notizen über den Bergbaubetrieb; zum Teil sind diese Notizen eigener Anschauung entsprossen, zum größten Teile aber auch nach dem Hörensagen aufgeschrieben und anderen Quellen entnommen. Die Zusammenstellung lässt an mehr als einer Stelle die nötigste Sorgfalt und Urteilskraft vermissen, so dass man bei der Benützung des Werkes nur die größte Sorgfalt walten lassen muss. Nächst Plinius bringt Strabo die meisten bergbaulichen Notizen, wenigens dann noch Pausanias, dafür aber in glaubhaftester und verbürgtester Form, endlich Diodor, Dionysius Periegetes, Vitruvius und Tacitus.

Wir wenden uns nunmehr zur Betrachtung der einzelnen bergmännischen Betriebszweige.

(Fortsetzung folgt.)

Bericht über zwei bergmännische Studienreisen,

unternommen in den Jahren 1902 und 1903.

Von Ingenieur **Fritz Schreyer**, Mährisch-Ostrau.

(Hierzu Taf. VII bis IX, Fig. 1 bis 52.)

(Schluss von S. 359.)

Ist eine Strecke im Versatze zu erhalten, so wird ihre Zimmerung wegen des größeren Druckes, dem begegnet werden muss, noch dadurch verstärkt, dass mehrere Gezimmerpaare durch 4 m lange „longeons“ untereinander in Verbindung gebracht werden (Fig. 48, Taf. IX). Neigt das Firstgestein infolge seiner schlechten Beschaffenheit stark zur Bildung von Verbrüchen, so werden innerhalb der gebräuchlichen Türstöcke noch zwei longeons eingezogen, die untereinander abgespreizt und gegen die Sohle mit Stempeln abgefangen werden.

Longeons werden überhaupt überall dort verwendet, wo die Zimmerung gegen stärkeren Druck verstärkt werden soll. Einen solchen Fall bildet auch die Nähe einer Störung.

Auf Grube Courrières wurde ferner ein Ausbau von Blindschächten vorgefunden, der bei weitem schneller herstellbar ist, als der gewöhnlich gebräuchliche. Die Teufe dieser Schächte beträgt zirka 35 m, ihr Durchmesser 2 bis 2,6 m (Fig. 49). Der Ausbau dieser Blindschächte geschieht in folgender Weise: In

friedigender Weise wie im Vorjahre vollzogen, sowohl in qualitativer als in „preislicher“ Hinsicht. Die Befürchtung der Abnahme des Exportes nach Russland infolge des russisch-japanischen Krieges hat sich als unbegründet herausgestellt. Bezüglich des Marktes für schwefelsaures Ammoniak kann nur Günstiges berichtet werden, auch für Teer und Teerprodukte, sowie in Pech entwickelte sich das Geschäft zufriedenstellend. Auch in Benzol fand die eingeschränkte Produktion glatten Absatz.

V. Brikettfabriken.

Es stehen zwei Steinkohlenbrikettfabriken im Betriebe, deren Erzeugnisse zum größten Teil an die Staatsbahn abgesetzt werden. Beschäftigt waren 159 Arbeiter mit einem Durchschnittslohn von *M* 798,89. Versendet wurden 107 042 *t* (+ 3622 *t*), davon nach Galizien und der Bukowina 50 *t* (— 40 *t*), nach Ungarn 125 *t* (+ 43 *t*) in „das übrige Österreich“ 2748 *t* (+ 2040 *t*).

(Schluss folgt.)

Bergleute und Bergbaukunst bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern.

Von **Frd. Freise**, diplom. Ingenieur des Bergfaches.

(Hierzu Taf. XI., Fig. 18 bis 24.)

(Fortsetzung von S. 372.)

Über die Aufsuchung und Feststellung der Fundpunkte von Mineralien ist bei den alten Autoren nur äußerst wenig zu finden. Sowohl die Ägypter, als auch die Griechen besaßen einige Kenntnisse der Geologie und Lagerstättenlehre; in Ägypten war in der Stadt On (Heliopolis) ein uraltes Heiligtum des Weltbauers Ptah und dabei eine Schule der Naturwissenschaften, in der auch Plato und Herodot Unterricht erhalten haben. In dieser Schule waren nach Brugsch die „Geheimislehrer der Tiefe“ Träger aller Kenntnisse „dessen, was der Erde verschlossener Abgrund birgt, und eingeweiht in des Bodens besondere Eigenschaften“. Von hier aus gelangten die naturwissenschaftlichen Kenntnisse zu den Griechen und weiter, doch scheint es, dass man in den allermeisten Fällen durch Zufall auf die Lagerstätte gestoßen wurde. Sagen berichten z. B., dass den Mandrobulos auf Kreta ein Stier auf die Lagerstätte leitete oder dass in den Pyrenäen ein Pflüger die anstehenden Mineralien mit dem Pfluge hervorgewühlt habe u. s. w. In manchen Fällen mag auch wohl der Finder sein Verfahren zur Aufsuchung der Mineralien des Gewinnes wegen als Geheimnis sorgsam gehütet haben. Auch die Wünschelrute scheint bereits ihre Rolle beim Schürfen gespielt zu haben. Die Bezeichnung der Wünschelrute als *virgula divina* (z. B. bei Cicero in dem Buche über die Pflichten, c. 1, 44) oder als *virgula Mercurialis* und ihre Ähnlichkeit mit dem Zauberstabe des Merkurs, bzw. dem *κηρύκειον* des Hermes lassen über das Alter und die Abstammung der Wünschelrute keinen Zweifel zu. Dem caduceus des Merkurs legt bekanntlich die Sage hauptsächlich die Kraft bei, einzuschläfern und zu wecken, im Anschluss an den Beruf des Merkurs; dies deutet aber neben den anderen Berufsfunktionen des Gottes recht deutlich darauf hin, dass er auch die im Schoße der Erde schlummernden Metalle durch Berühren mit seinem Stabe zum Erwachen über Tage rufen konnte.

Eine andere Stütze für die aufgestellte Behauptung gibt die Sage von dem Argonautenzuge der Griechen nach Colchis, in Szene gesetzt, um das goldne Vließ zu holen, d. h. um aus den goldhaltigen Flüssen des

östlichen Kleinasien mit Hilfe von rauhen Fellen Gold zu gewinnen.

Ein Teilnehmer an dem Zuge war Lynceus, der als so scharfsichtig geschildert wird, dass er (übrigens der Steuermann des das Goldvließ holenden Schiffes) die Metalle im Schoße der Erde durch Baumstämme hindurch habe sehen können. Die „Baumstämme“ erinnern unmittelbar an die Wünschelrute, auch der Name des Schiffsführers, Lynceus, ist etymologisch verwandt mit dem des seit uralter Zeit wegen seiner Gesichtsschärfe bekannten Luchses, dem nach Plinius (hist. nat. VIII, 57) das Verscharren des Urius, aus dem dann Edelsteine (*lyncurium*) entstünden, nachgesagt wird. (Frantz in „Berg- u. Hüttenm. Zeitschr.“ 1880, S. 41). In den meisten Fällen, namentlich aber bei vollständig unterirdischen und nur nach äußeren Anzeichen (vielleicht Ausblühungen und Färbungen des Bodens) vermuteter Mineralablagerung, war es aber ein bedeutendes wirtschaftliches Wagnis, Untersuchungsarbeiten zur Einrichtung von neuen Gruben (*καυτομίαι*) zu veranstalten, wie dies auch Xenophon für die Gruben von Laurion speziell hervorhebt.

Die Inbetriebnahme der Minerallagerstätten geschah entweder in Tagebauen oder in Grubenbauen. Erstere boten ja auf offenliegenden Lagerstätten, wie Seifen, Gesteinswänden, oberflächlichen Eisensteinvorkommen, bequeme Gelegenheit zur Anlegung von großen Massen von Arbeitern und wurden auch so lange als offene Baue in Betrieb gehalten, als es ohne erhebliche Förderschwierigkeit tunlich war.

Großartige Beispiele von Tagebauen bieten die bis zu mehreren Dutzend Metern in die Tiefe gehenden Goldgewinnungsstätten der Ägypter im Wadi Ollaqi und am Djebel Hammamat, die thasischen und mazedonischen Goldseifenbaue der Phönizier und Griechen, die Kupfer-, Blei-, Silber- und Eisenbergbaue aus der Etruskerepoche zu Campiglia und am Monte Catini, sowie auf Elba, ferner die ans Gigantenhafte grenzenden ungeheuren Massenbewegungen auf goldhaltigen Lagerstätten im nordwestlichen Spanien seitens der Römer, nicht weniger die numidischen und ägyptischen Bausteinbrüche der letzteren.

In der unterirdischen Inangriffnahme der Lagerstätte hat das Altertum nur in der Beziehung ein bestimmtes System merkbar herausgebildet, als man, wenn überhaupt, dann höchstens mit dem Schachte das Nebengestein durchbrach, im übrigen aber mit ängstlicher Sorgfalt der Lagerstätte nachfuhr. Diesem durch die Beschaffenheit des Gewinnungsgerätes gegenüber dem Gestein veranlassten System entsprechen dann auch vollkommen die Grubenbaue, die auf Gängen langgestreckt, gewunden, auf Stöcken, Lagern, Nestern aber geräumig, hoch und kurz gestreckt sind. Eine Einteilung der Lagerstätte in verschiedene Sohlen ist bisher erst in wenigen Fällen bekannt geworden. So beuteten die laurischen Grubenbesitzer die mächtigeren Lager in zwei um einige Meter von einander entfernten Horizonten aus in der Weise, wie dies die Fig. 18, Taf. IX zeigt. Von dem von den Römern allerdings nur auf kurze Zeit an der unteren Lahn betriebenen Bergbau bei der heutigen Friedrichssegener Hütte ist durch Dahms' Untersuchungen (vergl. „Bonner Jahrbücher“, Heft 101) bekannt geworden, dass in Abständen von 25 bis 36 m mehrere Strecken untereinander, durch Gesenke verbunden, aufgeföhren waren und dem Abbaubetriebe als Ausgang gedient hatten, also einen mehrfachen Unterwerksbau darstellten, der natürlich dem ganzen Betriebe namentlich aber der Förderung und Wetterversorgung, nur hinderlich sein konnte.

Was nun die Gestalt der Schächte anlangt, so teufte die Ägypter und die Griechen stets runde oder viereckige Schächte ab, während die römischen und etruskischen Schächte meistens elliptisch sind. Von ägyptischen Schachtbauten zum eigentlichen Bergbaubetriebe hat sich infolge Gesteinsverwitterung und Weiterbearbeitung der Gruben in späteren Zeiten nicht viel mehr erhalten; als besonders interessante Bauten sind an dieser Stelle aber mehrere Brunnenschachtanlagen zu erwähnen, die entweder in imposanten Resten erhalten sind, oder aber bis auf den heutigen Tag in Benützung stehen und von dem außerordentlich hohen Alter und dem großen Umfang derartiger Arbeiten beredtes Zeugnis ablegen. Das größte Bauwerk dieser Art ist der Josefsbrunnen bei Kairo, über dessen Erbauungszeit uns genaue zuverlässige Angaben fehlen. Er besteht aus zwei untereinander liegenden Brunnenschächten von rechteckigem Querschnitte, die durch eine große, ebenso wie die Schächte im Felsen ausgearbeitete Kammer mit einander verbunden sind. Die Seiten des oberen Schachtes hatten 7,7 m und 6,6 m Länge, während die Tiefe 50 m beträgt; der untere Schacht hatte Seiten von 4,6 und 2,8 m Länge und war 40 m tief; die Sohle des unteren Schachtes reicht bis in den Kies, aus dem das Wasser entnommen wird. In jedem Schacht befand sich ein von Ochsen in Bewegung gesetztes aus Thongefäßen an einer Kette ohne Ende bestehendes Becherwerk; das untere Eimerwerk lieferte das Wasser in die Verbindungskammer befindliches Reservoir, aus dem das obere Eimerwerk dann das Wasser entnahm.

Ein Spiralgang von 2 m Breite und 2,2 m Höhe, um den oberen Schacht ausgehauen, hatte den Zweck,

die zum Göpelbetriebe nötigen Tiere in den Kammerraum zu schaffen.

Ähnliche Brunnenbauten aus recht alter Zeit sind z. B. ein noch heute benützter Brunnen zur Ansammlung von Tagwassern bei den Pyramiden von Gizeh, welcher gleichzeitig mit diesen Monumenten entstanden sein wird, ein von dem Sohne Ramses II. erbauter Brunnen im Wadi Jasous, noch heute für den Hafen Annäum am Roten Meere benützt, der Davidsbrunnen zwischen Bethlehern und Jerusalem, endlich der über 3600 Jahre alte, 30 m tiefe und 3 m weite Jakobsbrunnen bei Sichem.

Im laurischen Gebiete sind an 2000 brunnenartige Schächte erhalten; wenn auch der moderne von dem Franzosen Roux und dem Italiener Serpieri eingeleitete Betrieb manche derselben ausgestaltet und umgeändert hat, so sind ihrer doch noch so viele erhalten, dass man eine genaue Vorstellung von ihren Eigenschaften gewinnen kann. Meist rechteckig, haben die laurischen Schächte Querschnitte von $1,25 \times 1,4$ m bis $1,5 \times 1,9$ m. Sehr alte Schächte, z. B. von Kamarésa, haben halbkreisförmigen Querschnitt von 1,9 bis 2,0 m Durchmesser (Kordellas, Le Laurium, Marseille 1871). Mündung und Sohle decken sich nicht immer vollständig, sondern lassen öfters eine Achsenabweichung um etwa 10° von der Lotlinie erkennen. Die Teufe der noch heute vom Volke als *φρέατα*, Brunnen, bezeichneten Schächte ist nicht überall die gleiche; die tiefsten gehen bis 110 m; die im Bersékotale auf 15 bis 45, die bei Kamarésa auf 25 bis 55 m, die im Gebiete von Thérikos und Ergasteria auf 10 bis 35 m.

Einige Schächte beginnen tonnläufig, um etwa vom fünften Meter an seiger zu werden. An anderen Stellen findet man knapp nebeneinander zwei Schächte von seigerer Achsenrichtung, von denen der kürzere Schacht, mit dem längeren in Verbindung stehend, dem letzteren als Wetterschacht gedient haben mag. Viele seigere Schächte haben überdies mit der Tagesoberfläche durch schiefe Schächte von 25 bis 30° Tonnlage in Verbindung gestanden. Ganz und gar tonnlägige Schächte sind aus dem altgriechischen Bergbau nicht bekannt geworden. Die Schachtbaue zeugen von außerordentlich sorgsamer Arbeit und lassen die Anwendung von Visierlineal, Richtscheit und Wage erkennen. Die Fig. 19a und 19b, Taf. IX (nach Kordellas Le Laurium) stellen derartige Schächte dar: a ist ein flacher Förderschacht, b seigerer Förderschacht und c ein Wetterschacht.

Die von den Römern herrührenden Schächte sind stets von elliptischem Querschnitte und, sofern sie nicht in ganz festem Gestein stehen, ausgemauert; ihre größte Weite beträgt 1,2 bis 2,5 m. Anders dagegen sind die ursprünglich etruskischen Schächte, deren man zahlreiche am Monte Calvi und an anderen Orten gefunden hat; sie haben oft bedeutend größere Dimensionen, so fand man bei La gran cava einen mehr als 100 m tiefen elliptischen Schacht von 12 und 5 m langem und kurzem Durchmesser.

Die der Verbindung mehrerer untereinander liegender Grubenbaue dienenden blinden Schächte sind

während des ganzen Altertums in äußerst engen Maßen gehalten worden, oft nur zwei Fuß weit, so dass man kaum begreift, wie ein Mann darin hat arbeiten können; dabei sind die Baue oftmals recht unregelmäßig im Querschnitt und im Einfallen. Strecken und Stollen sind im Grubenbetriebe während des ganzen Altertums ausnahmslos äußerst enge und meist sehr unregelmäßig nach Streichen und Fallen getrieben. Durchschnittlich ist die Breite 2,0 bis 2,2 Fuß, die Höhe 3 bis 3,5 Fuß; die Firste ist abgerundet, wenn die Strecke mittels Eisens aufgeföhren wurde, spitzbogig zugehend aber bei Anwendung des Feuersetzens. Gesprengung sind nicht selten in der Streckensohle, Stufen finden sich dort, wo das Einfallen des Baues so stark ist, dass es ein Föhren auf der freien Sohle nicht mehr gestattet. Die Stöße sind meistens außerordentlich glatt ausgehauen, nicht selten auch in deutlich ersichtlicher Weise von den Körpern der die Strecken passierenden Arbeiter im Laufe langer Zeiträume geglättet, wie man dies z. B. in den antiken Bauen von El Aramo in Asturien mehrmals beobachtet hat.

Großen Stollenbauten begegnen wir im Altertume fast nur auf dem Gebiete der Städtebewässerung und -Entwässerung. Eins der bedeutendsten Bauwerke dieser Art ist unstreitig die von Herodot (III, 60) erwähnte Tunnel des Eupalinus von Megara auf Samos, der dazu bestimmt war, die Stadt Samos im Falle einer Belagerung mit Trinkwasser versorgt zu erhalten. Am Abhänge

des etwa 240 m hohen, von dem alten Kastell von Samos gekrönten Berge Castri beginnend, zieht er sich 1500 m lang durch den Berg und mündet auf der Gegenseite einige Meter unter dem Boden in eine unterirdische Wasserleitung. Der Tunnel ist bei 1,8 m Höhe 1,75 m breit. Etwa 400 m vom Mundloche, macht der Tunnel ein Knie. Unter der Sohle des Tunnels liegen in einem 0,70 m tiefen und 0,80 m breiten, überwölbten und mit zusammen 28 die Reinigung und Ausbesserung erleichternden Öffnungen versehenen Kanäle die eigentlichen Wasserleitungsrohre aus Thon, 65 bis 67 cm lang, 3 bis 4 cm wandstark und 80 bis 85 cm im Umfang messend. Jedes zweite Rohr wies in seinem Scheitel eine Öffnung auf, deren Zweck wohl die Entlastung der allersits freiliegenden Rohre vom Wasserdrucke war. Am einen Ende des Tunnels setzt sich die Leitung bis unter das alte Samos fort, am anderen Ende fließt ein heute nur schwacher, vor alters aber jedenfalls bedeutend stärkerer Wasserlauf vorbei, der das Wasser an die jetzt noch den Brunnen des Klosters St. Johann speisende Leitung abgibt. Entdeckt und wieder ans Licht gezogen wurde die in Erfindung und Ausführung gleich geniale Anlage, die man getrost den imposantesten Schöpfungen der Neuzeit an die Seite stellen kann, im Anfange der Aehzigerjahre vergangenen Jahrhunderts von dem Gouverneur der Insel Abyssides Pascha.

(Fortsetzung folgt.)

Bergwerks-, Hütten- und Salinenbetrieb im Bayerischen Staate 1904.

In nachstehender Übersicht ist enthalten: 1. Die Produktion von Mineralien, deren Aufsuchung und Gewinnung nach den Bestimmungen des Art. 1 des Berggesetzes vom 30. Juni 1900 dem Eigentumsrechte an Grund und Boden entzogen ist; 2. die Produktion der wichtigsten in Bayern vorkommenden Mineralsubstanzen, auf welche Verleihungen nach Art. 1 des Berggesetzes nicht stattfinden, soweit Erhebungen hierüber gepflogen werden konnten; 3. die Produktion der Salinen, endlich 4. die Produktion der Hüttenwerke, soweit sie sich auf die Verschmelzung der Erze zu rohen Hüttenprodukten überhaupt, dann auf die Verarbeitung des Roheisens zu Gusswaren, zu Stabeisen, Draht, Flusseisen und Flusstahl, ferner auf die Erzeugung von Vitriolen, Potée, Glaubersalz, schwefelsaurer Thonerde, Alaun und Schwefelsäure erstreckt.

I. Bergbau.

A. Vorbehaltene Mineralien.

Produkte	Betriebene Werke	Menge in Tonnen	Wert in Mark	Arbeiter
1. Stein- u. Pechkohlen	14	1 184 599,064	13 621 538	7747
2. Braunkohlen	7	42 470,100	138 875	263
3. Eisenerze	30	180 342,118	1 587 019	849
4. Zink- und Bleierze	—	—	—	—
5. Kupfererze	1	—	—	13
6. Arsenikerze	—	—	—	—
Transport	52	1 407 411,282	15 347 432	8872

Produkte	Betriebene Werke	Menge in Tonnen	Wert in Mark	Arbeiter
Transport	52	1 407 411,282	15 347 432	8872
7. Gold- und Silbererze	—	—	—	—
8. Zinnerze	—	—	—	—
9. Quecksilbererze	—	—	—	—
10. Antimonerze	—	—	—	—
11. Manganerze	—	—	—	—
12. Schwefelkiese und Vitriolerze	2	3 427,200	44 800	44
13. Steinsalz	1	1 139,370	21 454	120
Summe	55	1 411 977,852	15 413 686	9036
Im Jahre 1903	54	1 399 742,165	14 553 799	8873
Daher im Jahre 1904 mehr	1	12 235,687	859 887	163

B. Nicht vorbehaltene Mineralsubstanzen.

1. Graphit	75	3 784	168 581	242
2. Erdöl	1	—	—	—
3. Ocker und Farberde	41	19 107	110 419	119
4. Porzellanerde	8	95 160	95 160	147
5. Thonerde	100	173 126	1 209 926	651
6. Speckstein	6	1 709	159 494	71
7. Flussspat	7	4 770	45 820	34
8. Schwerspat	9	9 411	59 912	144
9. Feldspat	5	1 866	22 540	32
10. Dach- und Tafelschiefer	5	1 486	75 434	84
11. Zementmergel	16	170 698	263 176	376
12. Schmirgel	2	265	11 725	6
13. Gips	14	22 766	72 719	40
Transport	289	504 148	2 294 906	1946

in der kleinen Klappe wie aus 0,5 bis 1 mm großen gelbbraunen Sideritrhomboedern zusammengesetzten Hohlrosetten aussahen.

Alle diese Beobachtungen widersprechen entschieden der Anschauung von Krejčí und Helmhacker (l. c. pag. 59), dass das Zbuzaner Sideritlager „nur den Rest einer sideritischen Kalksteinbank, aus welcher der größte Teil des Kalziumkarbonats durch Wasser aufgelöst und weggeführt wurde“, vorstelle. Im Gegenteil lassen die angeführten Beobachtungen an den im Eisenerz eingeschlossenen Fossilien wohl kaum eine andere Deutung zu, als dass das Zbuzaner Sideritlager aus Kalkstein durch Zufuhr von Eisenbikarbonat entstanden sein muss. Der bei diesem Vorgange in Kalkbikarbonat umgewandelte Kalkspat des Gesteines und Aragonit der Molluskenschalen wurde fortgeführt und durch Eisenkarbonat ersetzt. Daher ist nicht nur der

ursprüngliche Kalkstein sideritisiert, sondern sind auch die kalkigen Schalen und inneren Skelette der Versteinerungen in Siderit umgewandelt. Die geschlossenen Schalen der Brachiopoden scheinen hierbei im Gesteine wie Blasen gewirkt zu haben, in welche die Infiltration der Eisenbikarbonatlösung stattfand, die zur Überdrusung der Wände und des Armgerüsts, seltener zur vollständigen Ausfüllung des Innenraumes mit Siderit führte. In einem späteren Stadium dieses Vorganges erfolgte dann auch die Zufuhr von Kieselsäure, welche die Verkieselung der sideritisierten Schalen und die Ansiedlung von Quarzkristallen auf der Sideritunterlage im Schaleninnern oder dessen gänzliche Ausfüllung mit Quarz bewirkte. Im Erzlager entsprechen diesen Quarzausscheidungen die Quarzgänge, welche die sideritische Lagerstätte besonders in den Randpartien durchschwärmen.

K. R.

Bergleute und Bergbaukunst bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern.

Von **Frd. Freise**, diplom. Ingenieur des Bergfaches.

(Hierzu Taf. XI., Fig. 18 bis 24.)

(Fortsetzung von S. 384.)

Auf griechischem Boden bieten wohl die nach Curtius in die mazedonische Zeit zu setzenden Versuche zur Entwässerung des Copaissees die bedeutendsten Beispiele von Stollen- bzw. Tunnelbauten. Die vorgeschichtlichen Bewohner Böotiens, die Minyer, hatten es verstanden, die großen von Westen her in den Copaissee einströmenden Wassermassen durch drei von Deichen geschützte Kanäle nach Osten zu leiten, wo sie durch natürliche unterirdische Schluchten nach dem Meer abflossen. Dadurch schafften die Minyer auf dem etwa $4\frac{1}{3}$ Quadratmeilen großen Seeboden eine fruchtbare, von einem Kranze blühender Städte umgebene, trefflich bewässerte Landschaft, an deren Spitze das mächtige Orchomenos stand, in der so viele Einkünfte zusammenströmten, wie in dem hunderttorigen Theben.

Infolge von Verstopfung der die Wasser ableitenden Schluchten hatten dann, als Theben zu seiner Befreiung aus dem bis ans Meer reichenden Machtgebiet von Orchomenos den Nachbarkrieg begann, die Fluten wiederum die Schutzdämme überschwemmt und die Landschaft in einen ungesunden öden Sumpf verwandelt, als der sie Jahrhunderte lang berüchtigt war. Um nun dem Wasser wieder einen, jetzt künstlichen Abfluss zu verschaffen, versuchte Alexander der Große durch seinen Ingenieur Krates in der Nordostecke der Bucht Topolia einen Tunnel in der Richtung nach dem Meere treiben zu lassen. Der Bau erreichte eine Länge von fast 2000 m, die Durchführung der Entwässerungsarbeiten scheiterte jedoch an der Uneinigkeit der umwohnenden Griechen.

Aus der Römerherrschaft sind uns Querschlagsbetriebe in großen Querschnitten aus dem Städtebauwesen sowie aus dem Belagerungskriege bekannt, in beiden Disziplinen aber schon aus den ältesten Zeiten, lange ehe die Römer ihre Macht außerhalb Italiens ausdehnten. Das größte

Denkmal städtebaulich-bergmännischer Tätigkeit der Römer ist wohl die angeblich von dem Könige Tarquinius Priscus erbaute Cloaca maxima, deren Zweck die Trockenlegung des sumpfigen Tales des Forum Romanum, Velabrum und Forum Boarium war und deren 800 m langer, 2,15 bis 4 m breiter und über 3 m hoher in Tuffquadern gewölbter Hauptstrang heute noch funktioniert. Nach Plinius (hist. nat. 36, 24) waren die Gewölbe so geräumig, dass man mit einem breit geladenen Fuder Heu darin fahren konnte: *Amplitudinem cavis eam fecisse dicunt, ut vehem feni, large onustam transmitterent. Ebenbürtig ist das im sechsten Jahre der Belagerung von Veji, d. h. a. 398 v. Chr., in Befolgung eines delphischen Orakelspruches begonnene Emissarium des Albaner Sees, welches behufs Verhinderung der periodischen Überschwemmungen der Campagna und behufs Nutzung des Wassers angelegt wurde. Ein anderes großes Emissarium, des Fuciner Sees, ließ Claudius in einer Länge von 3 engl. Meilen vom See bis zum Flusse Liris (Garigliano) ausführen; eine Meile Länge dieses Tunnels war von 30 000 Menschen in elfjähriger Arbeit zustande gebracht worden. Hierbei scheint man übrigens nach dem Zeugnisse des Plinius und den aufgegrabenen Lichtlöchern Orts- und Gegenortsbetrieb geführt zu haben. Plinius berichtet nämlich (h. n. 36, 24), dass man das Wasser mit Maschinen gehoben habe und das alles in Finstern verrichtet worden sei (bei Lampenlicht)—*Cum corrivatio aquarum egeretur e vertice machinis . . . , omniaque intus in tenebris fierent.* —*

Wenden wir uns nunmehr zu den Abbauarten. Auf den zu Tage ausgehenden Lagerstätten wurde als ganz naturgemäße Abbauweise der Strossenbau ausgeübt, z. B. in Steinbrüchen, auf dem Ausgehenden der Elbaner und mittelitalischen Eisen- und Kupferlagerstätten,

den Lagerstätten von Rio-Tinto und Linares und an vielen anderen Orten. Der Strossenbau ermöglichte eine bequemere Gewinnung der Massen, eine angenehmere Förderung und gab außerdem Raum zur Anstellung von größeren Arbeiterkolonnen. Gelegentlich finden wir den Strossenbau bis zu recht ansehnlichen Tiefen, bezw. Höhen ausgeführt, z. B. am Monte Calvi und am steirischen Erzberge.

Für die unterirdischen Betriebe wandte man zu allermeist Weitungsbau an, dessen Betrieb sich dadurch charakterisiert, dass man in der Erzführungszone von einer vom Schachte ausgehenden kürzeren oder längeren Strecke aus Weitungen aushieb, zwischen denen man oft in taubem Gestein, gelegentlich auch im Erzkörper, Sicherheitspfeiler anstehen ließ. Die Grundfläche solcher Weitungen ist oft sehr beträchtlich: Im laurischen Gebiete hat man solche von 950 m² Grundflächenausmaß gefunden; ähnlich große Räume enthielten die asturischen Kupfergruben von el Aramo. Auf Gängen folgen die Weitungen tonnläufig dem Einfallen der Lagerstätte und stehen durch enge Strecken miteinander in Verbindung.

Ein ganz besonderer Abbau wurde auf den im Nordwesten Spaniens gelegenen Goldvorkommen betrieben, nämlich eine Art von Bruchbau mit nachfolgender Abschlepparbeit, wodurch das unhaltige Gestein fortgeführt, das haltige dagegen angereichert und gesammelt wurde. Dieser Bauart tut Plinius in seinem 33. Buche, c. 4, 21 mit Bewunderung Erwähnung und stellt sie dabei als der Gigantenarbeit ebenbürtig wie folgt dar: Von Tage aus trieb man ein System von Stollen und Strecken kreuzweise während vieler Tage und Nächte tief in den Berg, indem man das Gestein mittels Feuersetzens oder Schlägel- und Eisenarbeit bezwang. Traf man hierbei auf Kieselstein, so umging man diesen mit der Strecke. Wenn man den Berg hinreichend weit durchquert zu haben glaubte, so ging man daran, die zwischen den einzelnen Strecken stehen gelassenen Bergfesten durchzuhauen, um das Zubruchgehen des Hangenden zu beschleunigen. Eine auf der Spitze des Berges stehende Wache beobachtete den Anfang des Niederbrechens und benachrichtigte die Häuer davon, die darauf eilends ihre Arbeit verließen, während bald darauf der Berg zusammenstürzte. „Der ganze Berg zerfällt in Trümmer, der Krach ist entsetzlich, der Luftdruck ganz fürchterlich. Die Leute schauen triumphierend der Vernichtung zu, haben aber noch kein Gold, konnten auch während des Grabens gar nicht wissen, ob sie welches bekommen würden.“ Nachdem man den Berg so zu Bruch gebaut, leitete man, um das in den Schuttmassen vorhandene Metall zu gewinnen, unter großen Mühen und Kosten Bäche und Flüsse, oft Meilen weit über Täler und durch Berge in Gerinnen nach großen Teichen, aus denen man das Wasser auf das Gestein herabstürzen ließ. Den Ablauf fing man unten in mit Ginster ausgelegten Gerinnen auf, wobei man das feine Gold zurückhielt. Durch Trocknen und Verbrennen der Sträucher gewann man das Rohgold, welches man durch Auswaschen von der

Asche befreite. Plinius nennt die Produktion aus diesem Bruchbau so bedeutend, dass „Hispanien bereits seine Küste ins Meer hinaus geschoben habe“. Diese Nachricht ist nun zwar stark übertrieben und auch schon deswegen unwahrscheinlich, weil Spaniens Küste im Norden und Nordwesten felsig ist und keine Spur von Anschwemmungen der beschriebenen Art erkennen lässt. Immerhin haben die an Ort und Stelle vorgenommenen Untersuchungen eine enorme Ausdehnung des Bruchbaues ergeben. (Man vergleiche hierzu Breidenbach, Goldvorkommen im nördlichen Spanien, „Zeitschrift für praktische Geologie“ 1893, 16). In einem kreisringförmigen Gebiete, dessen Zentrum Lugo ist und dessen Umfang von den Linien Castropol-Pravia-Astorga-Villafranca gebildet wird (Gesamtinhalt 700 000 ha), sind aus etwa 33 Tagebauen rund 15 Millionen Kubikmeter Gestein bearbeitet und weggeschwemmt worden. Dies sind aber sicher nicht alle Arbeiten der Alten; manche mögen ganze Hügel vertilgt und nur große Steinwüsten hinterlassen haben. Im ganzen mögen die Römer wohl 50 Millionen Kubikmeter, d. h. zirka 125 Millionen Tonnen Gebirge bewegt haben, wovon etwa 50 Millionen ins Gebiet des aus dem bis 1950 m ansteigenden Samedogebirge entspringenden Sil gehören. Beuther nimmt (vgl. „Preußische Zeitschrift“ 1891, S. 55) als plinianisches Goldland ein von den Städten Coruña, Oporto, Salamanca und Gijon als Ecken begrenztes Gebiet von etwa 10 Millionen Hektar Areal an und Breidenbach setzt hierfür etwa die dreifache der genannten Exkavation an, wonach man die Gesamterdbewegung seitens der Alten auf etwa 500 Millionen Tonnen ansetzen kann.

Auf diese ohne Zweifel recht unwirtschaftliche Verwachsung von Gesteinsmassen mögen die Römer wohl durch Zufall gekommen sein, etwa dadurch, dass ein von selbst oder durch unvorsichtigen Betrieb zu Bruch gangener Berg von ihnen, denen die Aufwältigung eines zusammengebrochenen Grubenbaues jedenfalls unbekannt war, gelegentlich einmal mit Wasser angegangen wurde, um aus den Massen wenigstens einen Teil des Freigoldes herauszubekommen.

Wir kommen nunmehr zu den Gewinnungsarbeiten. Das Gestein wurde entweder unmittelbar mit dem Werkzeug oder aber mittels Feuersetzens angegangen. Die dazu benützten Geräte sind folgende: 1. Hacken mit konischer oder pyramidalen Spitze, aus Eisen, Eisen mit stählerner Spitze oder auch Bronze. Plinius kennt diese Geräte als mallei rostrati; die im laurischen Bezirke gefundenen gleichen ziemlich den heute zu Wieliczka benützten Schrämhämmern und ähnlich werden wir uns auch wohl die anderweitig benützten Hacken vorzustellen haben. 2. Eiserne oder verstärkte Keile, daneben bronzene Keile. Die Form der von den Alten benützten Keile entspricht im allgemeinen der heute gebräuchlichen; die Spitze ist bei den etruskischen und römischen Keilen einfach konisch oder pyramidal; bei den griechischen gradlinig-meißelförmig und bei den Ägyptern zweispitzig-schwalbenschwanzförmig. Die Länge der Instrumente variiert zwischen 6 und 9¹/₂“,

das Gewicht zwischen ein und drei Kilogramm. Zum Antreiben der Keile benützte man 3. Fäustel, in der älteren Zeit aus Stein, später aus Bronze oder verstärktem Eisen, im Gewichte von 2 bis 4 *kg* angefertigt. Die Steinfäustel wurden entweder in der Hand, also unbehelmt, oder aber am Helme geführt. Die Befestigung der Klopffsteine an den Stielen hat wesentlich auf zwei Arten stattgefunden. Schwere Hammerstiele wurden aus einer Rute gebildet, die zusammengebogen und in einer um den Stein umlaufenden Rinne mittels Riemens befestigt wurde, so dass also ein zweifacher Stiel entstand. Solche Rillenhämmer sind aus einer Reihe von Fundpunkten bekannt, die Helme dagegen sind nur in seltenen Fällen konserviert geblieben. Aus dem Grubengebiete des Wadi Maghara (Sinaihalbinsel) haben Bauermann und Lord Dolerit Steinhämmer aus der Zeit der III. Dynastie in der geschilderten Art behelmt gefunden. In späterer Zeit werden die Hämmer zur Aufnahme der Helme durchbohrt. Über die interessante Steinbohrtechnik siehe weiter unten.

Was nun die Ausführung der Schlägel- und Eisen-, bzw. der Keilarbeit anbelangt, so weisen alle Anzeichen darauf hin, dass man zuerst wenigstens in Steinbrüchen das abzulösende Gestein mit kleinen Werkzeugen rundum abarbeitete, um es dann mit schweren Werkzeugen von seiner Umgebung loszulösen. Zum Losreißen solcher Massen in diesen und ähnlichen Fällen dienten. 4. Brecheisen (bei Lucianus *μόχλιον* oder *μοχλὸς λιθουργοῦ*, bei Cäsar *vectis* genannt), bis 150 (römische) Pfund schwer, zum Hereinwuchten bestimmt. 5. Zur Gewinnung lockerer Massen (Gerölle oder bereits hereingewonnener Gebirgsmassen) dienten nach Vegetius (de re militari II, 25), *bidentes, rutra, alveos, cophinos, quibus portetur terra* [Zweihacke, Kratzen, Tröge — *rutrum* ist zu *ruo* zu stellen, davon *rutramina*, das, was man mit der Kratze bewegen muss, also das Grubenklein. — Die Gezähstücke wurden auch in der Kriegsminiertrains mitgeführt].

6. Zum Bohren von Löchern in Steinen benützte man das von Griechen unter dem Namen *τέρετρον* oder *τρούπανον* überlieferte, nach Pausanias (Attic. S. 63) von Callimachus erfundene [*λίθους πρώτος ἐτρούπησε*] Instrument von dem wir leider nichts Genaueres wissen. Ob es drehend oder etwa nach Art unseres Handbohrens schlagend gehandhabt wurde, ist unbestimmt, doch können wir wohl annehmen, es sei ein Drehbohrinstrument gewesen. Stammen doch schon aus der Steinzeit Werkzeuge, deren Stiellöcher mittels des Bohrers hergestellt sind. Als archäologische Seltenheiten finden wir Stücke mit unvollendet gelassenen Bohrungen und da zeigt es sich, dass man Kernbohrungen angewendet hat. Auch Kerne sind nachgewiesen worden. Im westpreussischen Provinzialmuseum zu Danzig werden mehrere Steinhämmer aufbewahrt, an denen die Ausübung der Kernbohrtechnik deutlich zu erkennen ist. Ein ringförmiger Raum, dessen äußerer Durchmesser dem des herzustellenden Loches entspricht, ist ausgebohrt, im Inneren ist aber ein Gesteinszylinder stehen geblieben. Wahrscheinlich hat man diese Bohrungen mit Röhrenknochen ausgeführt, unter die harter, mit Wasser angerührter, Sand gebracht wurde. In mäßig harten Gesteinen mag man mit diesem Instrumente einiges erreicht haben, in den äußerst harten Gesteinen, wie Graniten, Basalten und anderen, deren die alten Ägypter viele bearbeitet haben, musste man aber ganz andere Bohrwerkzeuge benützt haben. Das Vorhandensein solcher Gezähstücke ist nun auch konstatiert worden, wenn man auch das Gerät selbst nicht kennen gelernt hat. Der Engländer Flinders Petrie hat nämlich in seinem Buche: „The Pyramids and temples of Gizeh“ den unwiderleglichen Beweis dargetan, dass den Ägyptern schon vor Jahrtausenden der mit harten Steinen besetzte Kernbohrer bekannt war, dessen Wiederanwendung man allgemein als eine Erfindung der neuesten Zeit (Vorschlag von Leschot, 1864) ansieht.

(Fortsetzung folgt.)

Statistik der Oberschlesischen Berg- und Hüttenwerke für das Jahr 1904.

(Schluss von S. 382.)

Eisenhütten.

VI. Hochofenbetrieb.

Es waren wie im Vorjahre 9 Hochofenwerke im Betrieb und von den vorhandenen 35 Hochofen 28. An Dampfmaschinen befanden sich 164 mit 15 479 *PS*, Gasmotoren 13 mit 5880 *PS* in Gang. Arbeiter waren 3802 männliche, 686 weibliche, zusammen 4488 mit einer Gesamtlohnung von *M* 3 894 460,— beschäftigt. Der Gesammtlohn über 16 Jahre hatte einen Durchschnittslohn von *M* 989,00, der männliche Arbeiter unter 16 Jahren von 340,76, die Arbeiterin von *M* 367,74. Der Verbrauch von Schmelzmaterialien betrug an Eisenerzen, Manganerzen, Kiesabbränden u. s. w. 1 227 467 *t*, an Eisenschrot 4901 *t*, an Schlacken und Sinter 427 621 *t*, an Kalkstein und Dolomit 397 632 *t*, an Koks 834 672 *t*; es hat der Verbrauch an Erzen um 7,6%, an Schlacken

um 12,1%, an Kalkstein um 5% und an Koks um 9,6% zugenommen.

Die Roheisenproduktion betrug 825 942 *t* mit einem Koksverbrauch von 1,132 *t*; die Roheisenproduktion hat um 10% zugenommen und damit die Produktion der Jahre der Hochkonjunktur wesentlich überschritten. Der Geldwert der Produktion betrug *M* 41 756 914,—, der Durchschnittswert einer Tonne *M* 55,40, somit ist der Geldwert um 10%, der Durchschnittswert um *M* 0,29 gestiegen.

Das Roheisengeschäft lag zu Beginn des Betriebsjahres noch ziemlich still, da der Konsum, so lange die Verhandlungen über den Zusammenschluss der deutschen Eisen- und Stahlindustriellen schwebte, große Zurückhaltung zeigte. Nach Abschluss der Verhandlungen belebte sich der Konsum sofort, so dass nicht nur die Bestände abgestoßen wurden, sondern auch die Produktion

unten und treten seitlich in den unter der Ofensohle liegenden Kanal *e*, um von da an einer Seite des Ofens durch den Fuchs *n* in den Gasabzugskanal *o* und nach Beheizung der Dampfessel durch die Esse zu entweichen. Die in *l* und *m* verbrennenden Gase erhitzen die Ofenwände der Kammer *a* und entgasen dadurch die darin eingefüllte Kohle. Es sind 10 Brenner *k* (eine Art Bunsen-Brenner) von 12 mm lichtigem Gasdurchgang angewandt, so dass jeder Brenner $1\frac{3}{4} m^2$ doppelseitige Wandfläche zu erhitzen hat; die größte Erhitzung findet in der Höhe der Sohle bis zum oberen Ende der Pfeifen *m*, also an den Stellen der Wände statt, welche von den Kohlen berührt werden. Da die Verbrennung bei richtiger Regulierung des Gases, der Luft und des Essenzuges in den Pfeifen *m* vollendet ist, so enthält der obere Kanal nur verbrannte Gase (Abhitze) und ist daher der Teil der Wände, welcher im Innern des Ofens von Gasen bestrichen wird, nicht so intensiver Hitze ausgesetzt, wie bei Konstruktionen mit Einführung der Gase von oben oder seitlich. Der Vorzug dieser Einrichtung äußert sich in dem höheren Ausbringen an Nebenprodukten und dem größeren Gehalte an wertvolleren Bestandteilen.

Die besonderen Vorteile der Unterbrenneröfen nach der Angabe der Firma Dr. Otto & Ko. sind folgende: Möglichst gleichmäßige Gasverteilung auf die Heizwände bei kurzem Gaswege; jeder Brenner hat nur eine geringe Ofenfläche zu bedienen, so dass die Verteilung der Hitze über die Wandfläche eine sehr gleichmäßige

ist; durch die leicht regulierbare Zuführung von Gas und Luft ist die Möglichkeit einer vollkommenen Verbrennung der Gase gegeben; es ist einerseits die Gefahr von Verruungen, andererseits diejenige von Schmelzungen ausgeschlossen und eine größere Haltbarkeit der Öfen gesichert.

Sehr wesentlich ist aber noch der Vorteil, dass die höhere Erhitzung im unteren Teile des Ofens stattfindet, weshalb der obere Teil des Ofens kühler gehalten wird, so dass die hier angesammelten Gase weniger stark einer Zersetzung ausgesetzt sind. Es ist hierdurch eine Erhöhung der Ausbeute an Nebenprodukten gewährleistet. Durch die Verlegung der Gasleitungen in die vor Staub und Wasser geschützten Kanäle ist ihre Haltbarkeit eine fast unbeschränkte. Die Luftbeimischung zum Gase ist eine zweimalige. Außer der Luft, die das Gas vor seiner Verbrennung ansaugt, findet während dieser ein nochmaliger Luftzutritt statt. Nach Angaben der Firma erhitzt sich die Luft bis auf 380° C. Schließlich muss noch auf den großen Vorteil hingewiesen werden, der in der Kürze der Heizzüge begründet ist. Es findet infolge des Umstandes, dass in den Heizzügen kein erheblicher Druck, aber auch keine Depression herrscht, ein Gasaustausch mit dem Ofeninnern durch Undichtigkeiten des Mauerwerkes in nur sehr geringem Umfange statt, so dass man ein sehr reines, d. h. sehr leucht- und heizkräftiges Gas erhält.

(Fortsetzung folgt.)

Bergleute und Bergbaukunst bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern.

Von **Frd. Freise**, diplom. Ingenieur des Bergfaches.

(Hierzu Taf. XI., Fig. 18 bis 24.)

(Fortsetzung von S. 393.)

Dass den Ägyptern die Verwendung von Edelsteinen zum Schneiden harter Gesteine bekannt war, darf man aus der Existenz der mit Hieroglyphen bedeckten Säulen und Vasen u. s. w. aus harten Materialien vermuten. Die Schriftzeichen sind nicht ausgeschabt oder ausgeschliffen, sondern gefurcht; da die Linien außerordentlich fein sind (nur $\frac{1}{150}$ Zoll stark), so ist es klar, dass die schneidende Spitze viel härter als der Quarz sein musste, den sie schnitt. Die parallelen Linien sind oft nur 1 mm voneinander entfernt geschnitten; wir können daher unbedenklich annehmen, dass das Einschneiden mittels Edelsteinspitzen vorgenommen wurde. Die aus „Fauck, Neuerungen in der Tiefbohrtechnik, 1889“ entnommene Fig. 20, Taf. XI stellt einen aus einem Bohrloche in Gizeh ausgebrochenen Granitkern dar, an dem weitere Anzeichen für die Benützung von Edelsteinspitzen in Gestalt von regelmäßigen Spiralaringen in genauer Symmetrie zur Achse zu erkennen sind.

Das engste im Granit hergestellte Bohrloch hatte nach Fauck a. a. O. S. 7 einen Durchmesser von 50 mm; die noch engeren Bohrlöcher standen im Kalk oder

Alabaster an. Eigentümlich ist, dass die Kerne sich nach oben verjüngen, während die Bohrzylinder nach oben weiter werden. Dieser Umstand mag wohl darauf deuten, dass man keine sorgsame und fließende Wasserspülung benützt hat. Nach diesen Funden kann man sich den Kernbohrer als Bronzerohr mit eingesetzten Diamanten vorstellen. Dass man im Altertume zum Steingravieren wahre Diamanten kannte, beweist die Äußerung des Plinius (hist. nat. 37, 5. 15), dass „die Steinschneider die Diamantsplitter in Eisen fassen und ohne Schwierigkeit damit in jeden anderen Stoff graben.“ Dass man Bronzerohre zum Einsetzen der Schneid-diamanten benützte, beweisen die nach Flinders Petrie in den Bohrlöchern gefundenen grün überzogenen Sandkörnchen, sowie der grüne Anlauf der Bohrlochwandungen, der außerdem die Verwendung der Wasserspülung dartut.

Angewendet wurden solche Gesteinsbohrarbeiten auch dann, wenn mehrere Säulenstümpfe aufeinanderzusetzen waren, um eine große Säule daraus herzustellen. Man füllte dann die in der Achse jedes Stumpfes je zur Hälfte hergestellte Bohrung mit einem passenden Verbindungs-

bolzen aus, den man in der unteren Säulenpartie verbleite oder sonst festmachte. In größerem Maßstabe kann man dagegen die genannten Arbeiten im Innern der großen Pyramide von Gizeh sehen. In El Birscheh sieht man nach Flinders Petrie die Spuren von 18" tiefen Bohrungen, mit Hilfe deren man eine Kalksteinplattform abgetragen hat. Man kann sich den Fortgang der Arbeit wohl so denken, dass man nach dem Herstellen einer Reihe von Bohrlöchern und nach Ausarbeitung einer wenige Zentimeter tiefen über die Bohrlöcher laufenden Rinne das Gesteinsstück durch die Kraft des quellenden Holzes loslöste, indem man scharf getrocknete Pflöcke durch Benetzen mit Wasser zur Ausdehnung zwang. Vielleicht haben wir auch an Hereintreiben durch Brechstangen oder Keile zu denken.

Sehr überraschend ist die Größe des aufgewendeten Druckes; bei den 4" weiten Bohrungen nimmt Flinders Petrie einen Minimaldruck von 1 bis 2t im Granit an. An dem in Fig. 20 wiedergegebenen Granitkern sinkt die Spirale des Schnittes im Umfange von 6" um 0,1", d. h. 1:60, was eine ganz staunenerregende Leistung im Granit dartut.

7. Als weitere Gezähe nennen die Alten Feilen und Meißel, glatte und gezahnte Sägen, beide zum Steinbruchbetriebe vornehmlich benützt

[Jol. Pollius in seinem Trauerspiel Priamus (VII, 118): *ἐργαλαῖα τῶν λαύπτων ὀνομάζει λείας καὶ γλαρίδας*; den eisernen Meißel nennt Ausonius auch Ferrum caelum (epigr. 57). Die glatte, schwertförmige Säge nennt Galenus *μαχειρωτόν*, die gezahnte *ὀδωντόν*.]

Neben der Gesteinsarbeit mit dem Eisen ist die Hereingewinnung mittels Feuersetzens eine uralte bergmännische Arbeit. In den ägyptischen Gruben, bei der Schmirgelgewinnung auf Naxos, in allen alten Römerbauen, in Frankreich, England, Ungarn, findet man durch Feuersetzen aufgefahrene Strecken, die sich zum Unterschiede von mit dem Gezähe vorgetriebenen Bauen durch einen hohen, in der Firste spitzbogenartig gestalteten Querschnitt, eine Folge der nach oben intensiver zur Geltung kommenden Flamme auszeichnen. Im laurischen Gebiete hat man aus mehreren Gründen kein Feuersetzen angewendet; zunächst wegen des permanenten Holz Mangels, der die Griechen sogar zur Seeinfuhr von Brennholz zum Gebrauch in den Schmelzstätten zwang, dann aber auch die minder große Gesteins Härte, welche bei einer Arbeit mit dem Eisen noch gute Resultate erzielen ließ. Außer aus tatsächlichen Funden kennen wir aus den alten Schriften eine Reihe von Gelegenheiten, wo man sich des Feuersetzens zur Gewinnung von Gestein bedient hat. So erzählt Cassius Dio (36, 8), dass die Mauern der böotischen Stadt Eleutherion mit Essig gesprengt worden seien. (Hier könnte man allerdings, vorausgesetzt, die Mauern seien aus Kalksteinen aufgeführt gewesen, auch an eine langsame Lösung des Steinmaterials durch aufgegossenen (warmen?) Essig denken). Galenus berichtet (I, 22, 16), der Essig durchdringe Stein, Erz, Eisen, Blei gleich dem Feuer. Ähnlich sagt auch Plinius (h. nat. 23, 27) von dem Essig: Saxa rumpit

infusum, quae non ruperit ignis antecedens. Ein großartiges Beispiel von Feuersetzen finden wir endlich in der livianischen Erzählung von Hannibals Alpenübergang. Hierüber heißt es (Liv. 21, 37): Die Soldaten wurden beordert, einen Felsen zu ebnen, über den man unbedingt den Weg nehmen musste; zu dem Zwecke wurden ringsum sehr große Bäume gefällt, und aus deren Ästen und Stämmen ein außerordentlich hoher Holzstoß erzeugt, den man bei einem mächtigen, die Verbreitung der Flamme begünstigenden Winde anzündete. Das durch den Brand glühend gemachte Gestein wurde durch aufgegossenen Essig mürbe gemacht, und durch das erhitze und gebräch gewordene Gestein bahnte man mit eisernen Hauen einen Weg, der nicht nur den Lasttieren, sondern auch den Kriegselefanten einen bequemen Übergang ermöglichte.

Als letzte der von den Alten ausgeübten Gewinnungsarbeiten sei das unserem hydraulic mining vollkommen entsprechende Verfahren der Hereingewinnung von Gestein durch strömendes Wasser hier erwähnt, von dem Plinius bei Gelegenheit des auf den nordwestspanischen Goldlagerstätten umgehenden riesigen Bruchbaues redet. Lassen wir dem Autor selbst das Wort: . . . „Meilenweit leitet man die Wasser über die Berge, dabei muss man das Gefälle bis zur Mündung möglichst stark nehmen, also das Wasser von den höchsten Gegenden herholen. Täler werden überbrückt und das Wasser darüber fortgeleitet. Wo zu steile, unzugängliche Felsen sind, werden sie zur Aufnahme der zum Kanalgerrinne nötigen Balken und Bohlen ausgehöhlt. Die diese Arbeiten verrichtenden Leute hängen an Seilen, so dass sie von ferne nicht einmal wie ein Wild, sondern wie ein Vogel aussehen. Sie schweben in der Luft hin und her und zeichnen dem Kanal den Weg vor; ihre Hände räumen den Schutt und das Gerölle in Körben fort . . . An den obersten Abhängen der Berge legt man Teiche als Wasserreservoirs an, 200 Quadratfuß groß bei 10' Tiefe. An ihnen lässt man fünf je 3 Quadratfuß große Auslauföffnungen. Sobald ein Reservoir voll ist, zieht man die Schützen und der Strom stürzt mit solcher Gewalt fort, dass er Felsen fortbewegt . . . Hierauf beginnt die Anreicherungsarbeit in der Ebene“ u. s. w.

Betrachten wir nunmehr den Ausbau der Grubenräume und die Mittel zu ihrer Offenhaltung während des Betriebes. Wohlbekannt war den Ägyptern, den Griechen, Etrusken und Römern die Tatsache, dass die Form der Grubenräume von Einfluss auf deren Standhaftigkeit sei, deswegen finden wir fast ausnahmslos die Baue in der Firste gewölbeartig gehalten, so dass die Last des Hangenden vorwiegend auf die Stöße übertragen wird. In den größeren Weiten blieben Stützpfieiler stehen (*μεσοκρίνεις, ὄρμοι, ὀμοερχεῖς, κίονες* fornices crebri montibus sustinendis), deren Aufrechterhaltung im laurischen Bergbaubezirke durch Gesetz geboten war. Von einem Vergehen gegen dies Gesetz, von einem gewissen Diphilos begangen, kennen wir auch die Ahndung (aus Plutarchs Lycurg). Der Schuldige musste den Giftbecher leeren und verlor seine ganze Habe im Be-

trage von 160 Talenten (fast $\frac{3}{4}$ Millionen Mark), die unter die Bürger verteilt wurden.

Die künstlichen Mittel zur Stützung des Hangenden bestanden entweder aus Bergemauerungen, bei denen, wie in etruskischen Betrieben, hinter einer Packung von groben Gesteinsstücken kleiner Schutt gefüllt wurde, oder aber aus Holzstempeln, bezw. Verbindungen von mehreren Hölzern. Holz ist immerhin recht selten; wohl deshalb, weil man es in der Hauptsache als Brennmaterial für die Schmelzhütten benützen musste. Plinius erwähnt Holz als Ausbaumaterial bei seiner umständlichen Schilderung des spanischen Goldbergbaues: *Tellus ligneis columnis suspenditur* (h. n. 33, 4. 21 ff.). Einen Rest alter römischer Streckenzimmerung fand man in der Katalin-Monulestigrube im Letier Revier zu Verespatak (vergl. Pošepný, Röm. Schöpfrad. „Österr. Zeitschr. 1877, S. 391, dto. 1868, S. 153, 165). Die einzelnen Türstücke standen unmittelbar aneinander; die Verbindung zwischen Stempel und Kappe geschah mittels langer am Stempelangeschnittener Zapfen, welche in Durchbrechungen der Kappe passten. Ähnlichen Ausbau fand man in sardinischen Römergruben. Schachtausbau findet sich nur sehr selten; wenn solcher vorhanden ist, so ist es trockne Mauerung aus groben Steinen, einige Meter von dem Mundloche an abwärts sich erstreckend. Sie diente dann zur Festhaltung der losen Schuttmassen, welche aus dem Abteufen des Schachtes gefallen waren und welche man als Schachthalde aufgestürzt hatte.

Ebenso primitiv wie der Grubenausbau war auch die Förderung. Da in den weitaus allermeisten Fällen die Ausdehnung der metallführenden Lagerstätte das Maß für die Weite der Strecken und Baue war, so ist es erklärlich, dass die letzteren unregelmäßig sind; wer in einen solchen einfährt, kann nur gebückt oder kriechend, ja nicht selten nur auf allen Vieren voranfahren. Als Fördergefäße dienten lederne Säcke, geflochtene oder aus Brettern zusammengesetzte Trüge, kleine Kesselchen

aus Blech. Innerhalb der Strecken förderte man wohl meist durch Handreichung bis an die Mündung des Schachtes oder bis in eine größere Kammer, wo man eine Ausschlägelung vornahm. Danach füllte man das Gut in größere Säcke, die dann entweder von Hand zu Hand durch die auf Spreizen sitzenden Sklaven herausgereicht wurden oder in flachen Schächten auf dem Rücken herausgetragen werden mussten. Diese Einrichtung wird bei den ägyptischen Goldgruben in gleicher Weise wie bei den spanischen Silbergruben und den cyprischen Kupferbergwerken von den Alten erzählt (Diodor III, 12, 13; V, 37; Strabo III, 148; Plinius hist. nat. 33, 31, 97; Galenus de simpl. fac. VIII, S. 209 ed. Kühn. Hippocrates, de rict. rat. I, 4). Zum Transporte großer Steinblöcke bediente man sich vielfach hölzerner Rollen. Im laurischen Bergbaue hatte man als Fördermittel lederne Säcke, für die man die Bezeichnungen *σάκκος, σάκκιον, σάκκηρ*, oftmals auch *θύλακος* findet. Die Arbeiter nannte man *θύλακοφόροι*, ihre Tätigkeit *ἀποσάττειν, ἐκφορεῖν, φορεῖν, θύλακοφορεῖν*, d. h. aussacken, ausschleppen. Kordella meint übrigens (Le Laurium), dass den Griechen auch Welle und Flaschenzug in ihren einfachsten Formen nicht unbekannt gewesen seien; aus römischen Gruben hat man bisher meines Wissens noch keine Reste eines Haspels hervorgezogen, doch ist es wohl anzunehmen, dass die Römer zur Förderung aus ihren Saigerschächten sich des Seiles bedienten, da man in spanischen Gruben mehrfach Seilspuren im Gestein ausgefeilt gefunden hat. Auch Reste von Seilen aus Espartogras sind mehrmals in den Grubenbauen von Nova-Carthago konstatiert worden. Den Ägyptern dürfte das Förderseil wohl bekannt gewesen sein, wie aus den Andeutungen des Buches Hiob, c. 28. v. 4 hervorgeht; „Gänge bricht man fern vom Angehörigen; von dem Fuß vergessen, hängen sie, fern vom Menschen wanken sie.“

(Schluss folgt.)

Metall- und Kohlenmarkt im Monate Juli 1905. Von k. k. Kommerzialrat W. Foltz.

Der Metallmarkt hat sich trotz beginnender Hochsommerseason nicht ungünstig entwickelt, da die bedeutenden Bestellungen für Kriegszwecke in den wichtigsten Metallen einen gegen sonst wesentlich erhöhten Bedarf gebracht haben. Auch die guten Ernteaussichten in Amerika, welche den dortigen Markt in wesentlich bessere Stimmung gebracht haben, führten zu erhöhtem Konsum, so dass in fast allen Metallen die Schlussnotierungen höher ausfielen. Nur Zink blieb, insoweit es sich um die gewöhnlichen Sorten handelte, etwas vernachlässigt.

Eisen. Der österreichisch-ungarische Eisenmarkt hat auch im abgelaufenen Monat seinen normalen ruhigen Charakter beibehalten und daher erhebliche Änderungen nicht im Gefolge gehabt. Im abgelaufenen Monat ist ja bereits ein Teil der Ernte eingeheimst und soweit die Berichte bis heute lauten, haben die Resultate volle Befriedigung gewährt, es ist daher zu erwarten, dass der Konsum an Eisen, der ja so wesentlich von den Erntergebnissen abhängig ist, auch neue

Impulse empfangen wird, falls die Kaufkraft selbst nicht durch andere von den Ernteresultaten nicht abhängige Faktoren gelähmt wird. Der vor einigen Tagen veröffentlichte Ausweis der österreichischen kartellierten Eisenwerke pro Juni bringt auch die Ziffern für den Absatz des I. Semesters 1905 und lautet:

	Juni 1905 gegen 1904	Seit 1. Jänner 1905 gegen 1904
Stab- und Fasson-		
eisen	227 390 — 8 096 q	1 379 511 + 189 492 q
Träger	127 427 + 180 284 „	604 050 + 18 962 „
Grobbleche	40 286 + 16 816 „	129 486 + 54 067 „
Schienen	80 927 + 40 550 „	466 657 + 91 781 „

Wie ersichtlich zeigt sich im Berichtsmonat ein Rückgang im Verkauf von Stab- und Fassoneisen um 8096 q, dagegen eine Zunahme des Absatzes an Trägern um 18000 q, an Grobblechen um 16000 q und an Schienen um 40000 q. Wenn auch die Abschwächung im Absatze von Stabeisen eine

Bergleute und Bergbaukunst bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern.

Von **Frd. Freise**, diplom. Ingenieur des Bergfaches.

(Hierzu Taf. XI., Fig. 18 bis 24.)

(Schluss von S. 406.)

Zur Fahrung dienten in den mäßig einfallenden Strecken Treppenstufen, die man aus dem Strossengestein aushieb, in steilen Bauen entweder Steigbäume, d. h. mit horizontalen Kerben versehene Rundbäume, oder aber Fahrten. Von Steigbäumen ist ein Exemplar in der bereits oben erwähnten Katalin-Monulestigrube bei Verespatak gefunden worden („Österr. Zeitschr.“ 1868). Ein deutliches Bild von dem Aussehen der Leitern gibt uns die in Fig. 21, Taf. XI wiedergegebene Korinther Thon- tafel (linke Seite).

Zur Beleuchtung bediente man sich hölzerner Späne, kleiner Reisigbündelchen, mit Tierfett getränkt oder mit fettgetränkten Fellstreifen umwunden, endlich auch thönerne oder metallene Öllampen. Von Öllampen sind in den verschiedenen antiken Grubenbezirken viele gefunden worden; sie sind bis auf eine oder zwei Öffnungen (zum Einfüllen und zum Dochtauslass) ringsum geschlossen, im allgemeinen etwa 10 cm lang und etwa 7 cm im Lichten weit. Sie wurden entweder in Nischen des Stoßes aufgestellt oder aber vor der Stirn getragen. Letztere Art der Beleuchtung hat Veranlassung zu der Sage von den einäugigen Menschen (Arimaspeer bei Herodot, Polyphem bei Homer u. s. w.) gegeben. Größere Kammern hat man auch, nach einem der korinthischen Weihetäfelchen (s. Fig. 21) zu schließen, durch von der Decke herabhängende Lampen beleuchtet. Als Leuchtmaterial diente wohl zumeist aus Pflanzen ausgepresstes Öl. Ausdrücklich bezeugt dies Strabo (17, 321) von den Ägyptern; diese säten nach seinem Zeugnisse eine mit dem Namen Kiki belegte Frucht, deren Öl sich fast alle Landeseinwohner zum Brennen in den Lampen bedienten, das aber von den ärmeren Leuten auch zum Salben benützt wurde.

Dass man gelegentlich auch Petroleum als Leuchstoff benützt habe, dürfen wir bei der allgemeinen Bekanntheit des Altertums mit diesem Stoffe und seinen Verwandten ruhig annehmen; berichten doch z. B. Carystius, Dioscorides (I, 99) und Plinius (35, 51) von der Benützung des als *πίττασφαλτος*, bitumen pissasphaltum benannten Materials ausführlich. Übrigens scheint man nach den von Plinius über den bereits mehrfach zitierten spanischen Bruchbau beigebrachten Notizen in manchen Fällen die Arbeit im Finstern verrichtet zu haben, wenigstens aber bei der von Hand zu Hand herausgereichten Hauwerksförderung.

Äußerst primitiv und ungenügend waren bei den Alten die Vorkehrungen zur Wetterversorgung der Gruben. Berücksichtigt man, dass sehr viele Gruben der Griechen und Römer mehrere Dutzend Meter tief hinabgingen — die laurischen Gruben sind vielfach mehr als 50 m tief, im oberen Elsass sind die Römerbaue bis auf 200 Toisen (flach gemessen), in Spanien nach Diodorus und Strabo bis auf viele Stadien flache Länge vorgedrungen — so

begreift man, dass die Luft in der Grube recht wenig bewegt werden konnte, wenn man nicht durch eine große Anzahl von Schächten einen kurzen und einfachen Luftweg schuf. Im laurischen Grubenbezirke scheint geradezu stets ein Zentralschacht einer Anzahl von rechts und links um ihn herumliegenden Förderschächten als Wetterzufuhrschacht gedient zu haben (Kordellas, Le Laurium S. 84, 85). Die einzelnen Förderschächte besaßen außerdem noch schmale Nebenschächte von 60 bis 80 cm Weite als Luftschächte, *ψυχαιώγια* (vergl. Strabo III, 147); von den Römern werden diese als *aestuarium* bezeichnet. Die Fahrbarkeit eines Schachtes prüfte man nach Plinius (h. n. 31, 28) durch Hinablassen einer brennenden Lampe: *Experimentum periculi est demissa ardens lucerna, si extingatur*. Vor Ort suchte man den Wetterzug durch Schwingen von Leinentüchern zu verbessern (Plinius l. c. *Fit... altitudine ipsa gravior aes, quem emendant assiduo linteorum jactatu eventilando*). Namentlich in den vom Feuer setzen erhitzten Bauen, in denen sehr viel „vapor et fumus“ vorhanden war, wird man dieses Hilfsmittels nicht haben entraten können, um die ohnehin schon wenig beneidenswert gestaltete Arbeit nicht noch mehr zu erschweren. Dass man im allgemeinen durch die primitiven Ventilationsmittel nicht viel erzielte, geht am besten aus der von Strabo gegebenen Schilderung der kleinasiatischen Arsenikgruben von Sandaracurgium bei Pompejopolis (bei den heutigen Flüssen Kyzyl Irmak und Jeschil Irmak) hervor. [Strabo XII, 40, S. 841.] Hier war nicht nur die Arbeit sehr mühselig, sondern die Arbeiter „starben auch wie die Fliegen dahin, vor den aus dem Gebirge aufsteigenden giftigen Dünsten“. Es waren dort mehr als 200 Arbeiter angelegt, die aber binnen kurzem durch neue ersetzt werden mussten.

Einer der wichtigsten Betriebszweige des antiken Bergbaues, der oftmals eine bedeutende Anzahl von Arbeitern vom eigentlich produktiven Betriebe abzog, war die Wasserhaltung. In den meisten Fällen waren die Vorkehrungen zur Freihaltung der Gruben von Wasser wenig kunstvoll; man trug einfach das Wasser in Lederschläuchen oder Eimern aus der Grube. Doch bediente man sich auch schon gewisser Maschinen, von denen namentlich die ägyptische Schneckenpumpe, *cochlea*, sowie die Maschine des durch seine Erfindung von Luft- und Wasserdruckapparaten (vergl. Plinius, n. h. VII, 38) ausgezeichneten Ctesibius von mehreren Autoren erwähnt werden. Die Schneckenpumpe, deren Erfindung Diodorus (V, 37) dem Syracusaner Archimedes zuschreibt, schildert Vitruvius in ihrer Herstellung folgendermaßen (vergl. l. X, 6): Man nimmt einen Balken von soviel Zoll Dicke als er Fuß an Länge hat und schneidet ihn durchaus zylindrisch. Auf den Endkreisen bringt man nun in ihren Teilungslinien genau korrespondierende Teilungen in vier, bezw. acht Teile an, ebenso werden

Linien von einem Stirnkreise zum anderen senkrecht zu diesen gezogen und auf ihnen das Achtel jener Kreislinie aufgetragen. So entstehen auf dem Zylindermantel in der Quere und Höhe gleiche Räume. Auf den Längslinien werden nun umlaufend in der Spirallinie weitere Punkte bestimmt. Dann nimmt man eine dünne Rute aus Weide oder (wildem) Wein, taucht sie in flüssiges Pech und befestigt sie am ersten Punkte der rundumlaufenden Teillinie. Darauf legt man dieselbe schräg auf und führt sie über die einzelnen Schnittpunkte der Längs- und Querlinien, so dass das Ende wieder auf der gleichen Mantellinie wie der Anfang liegt. Genau ebenso werden über die anderen Teilungen hinweg ähnliche Ruten in der Spirallinie herumgelegt, so dass gleichsam Kanäle in genauer Nachahmung einer Schnecke entstehen. Über den vorhandenen Ruten werden dann noch andere festgemacht, die auch in flüssiges Pech getaucht sind, solange bis die gesamte Dicke dem achten Teile der Länge gleichkommt. Darüber werden nun Bretter befestigt, welche die Gewindegänge überdecken; diese werden ebenfalls mit Pech bestrichen und mit eisernen Bändern umgeben, damit nicht die Gewalt des Wassers sie losreißt. An den Stirnenden des Balkens werden eiserne Zapfen angebracht, rechts und links von der Schneckenwelle stellt man (Lager)-Balken auf, die oberhalb jederseits durch Querbalken miteinander verbunden sind. In diesen befinden sich mit Eisen ausgelegte Öffnungen, um obige Zapfen aufzunehmen. Die Neigung der Achse der Schneckenwelle wird nun so bemessen, dass (von der durch den oberen und unteren Zapfen gelegten Horizontalen, bzw. Lotrechten) ein pythagoreisches rechtwinkliges Dreieck gebildet wird. Wenn man nämlich die Balkenlänge in fünf Teile zerlegt, so erhebt man das eine Ende des Wellenstumpfes und drei Teile dieses Maßes. . . . In Bewegung gesetzt wird die Schnecke dann durch Treten seitens einer Anzahl von Arbeitern.

Außer dieser Wasserhebemaschine beschreibt Vitruvius noch eine andere, die sehr große Wassermengen zu heben vermochte und wohl jetzt noch Beachtung verdient. Es ist die des Ctesibius, von der er (de arch. X, 7) folgendes berichtet: Sie besteht aus aes; an ihrem Fußende befinden sich zwei Kolbenrohre, nahe zusammenliegend; an diese schließen sich, in Gestalt einer Gabel zusammenhängend, die Rohre an, welche sich in der Mitte des Windkessels vereinigen. An letzteren befinden sich Ventile, die an die oberen Rohröffnungen genau anschließen; indem sie jene Öffnungen verstopfen, lassen sie die in dem Windkessel eingesperrte Luft nicht heraustreten. Über dem Windkessel liegt ein Deckel, wie ein umgekehrter Trichter angefügt, welcher durch eine Art von Klammer, deren Zusammenhalt ein Keil bewirkt, mit dem Kessel verbunden ist, damit nicht die Gewalt des wallenden Wassers den Deckel aufwirft. Darüber ist nun das als tuba bezeichnete (Steige)-Rohr angebracht, gerade in die Höhe gehend. Die Kolbenrohre haben unter der tieferen Öffnung der Rohre eingelegte Ventile oberhalb der Bodenöffnungen. Werden nun von oben

her die Kolben, vollständig glatt, eingeölt und eng in den Rohren anschließend, regelmäßig in Bewegung gesetzt, so wird die Luft, welche zusammen mit dem Wasser da ist, zusammengetrieben und nun durch das Andrängen der Luft andererseits das Wasser durch jene genannten Rohre in den Windkessel gepresst. Hieraus wird es durch den Deckel weiter in die genannte tuba hineindrückt. Auf diese Weise dient die Maschine zum Wasserheben. — Die Maschine entspricht einer Saug- und Druckpumpe; wenig abweichend hiervon ist eine von Heron von Alexandria angegebene Wasserhebemaschine konstruiert.

Außerdem bediente man sich der Wasserräder zum Heben von Grubenwasser. Von dieser Maschinengattung hat man in Gruben von San Domingos und von Verespatak Exemplare gefunden, die von Pošepný beschrieben worden sind („Österreichische Zeitschrift“ 1868 und 1877). Das zu Verespatak in Fragmenten gefundene Rad hatte 24 Schaufeln, deren Form die in Fig. 22 bis 24, Taf. XI gezeichnete ist. Jede Schaufel besteht aus einem am äußeren Rande etwa 25 mm, am Zapfen etwa 38 mm starken, zirka 160 mm breiten Buchenholzbrette. 25, bzw. 175 mm vom äußeren Kranzende enthält das Schaufelblatt 12 mm breite und 6 mm tiefe, mit der Säge ausgearbeitete Rinnen; an den Schaufelseiten waren je drei kantige, 2" tiefe Nagellöcher vorhanden. Der im ganzen 1,46 bis 1,48 m lange Schaufelarm war am Zapfen 70 bis 75 mm dick, am unteren Schaufelende aber 55 mm. Die Seitenabgrenzung der Schaufeln wurde durch zwei $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ " starke Buchenbretter in Bogenform, die mittels Überblattung aneinandergespaßt und zusammengenagelt waren, gebildet. Diese Brettchen hatten jederseits einen dreieckigen Ausschnitt. Den äußeren und inneren Kammerboden bilden zwei in die Schaufelblattrinnen eingelegte Buchenbretter von 0,5 bis 0,6" Dicke. Die Radwelle war 1 m lang, in der Mitte zirka 30, am hölzernen Zapfen zirka 12,5 cm stark; der Zapfen selbst war bei 12,5 cm Länge nur 5 cm stark; die Schaufelstiele saßen mit etwa 2,5 cm Fleischzwischenraum in der Welle; die in ihren Zapfen durch zwei dreiseitig behauene auf divergierenden Stützen gelagerte Balken unterstützt wurde. Das insgesamt 100 kg schwere, mit Ausnahme der Nägel gänzlich aus Holz konstruierte Rad hatte einen Durchmesser von etwa $3\frac{1}{3}$ m; es stand etwa 1 m unter der Sohle der zunächst liegenden Strecke. Ein Ausflussgerinne wurde nicht mehr vorgefunden. Bewegt wurde das Rad ausschließlich durch die Kraft der Arbeiter.

Das Modell eines in der Kupfergrube San Domingos, in der Nähe des Zusammenflusses des Chança und Guadiana sah Pošepný auf der Weltausstellung in Philadelphia. Im großen und ganzen war die Konstruktion der in den spanischen Römerbauten gefundenen Heberäder — es sind im ganzen 8 große von je 4,875 m Durchmesser und 2 kleinere von je 3,66 m Durchmesser gefunden worden — der des Verespataker Rades ähnlich, nur waren die Stiele der 24 Schaufeln aus zwei Sparren gebildet, die mittels Quernägel an zwei auf der Achse befestigten hölzernen Scheiben festgemacht waren. Die

zum Wasserableiten vorhandene Rinne lag etwa $3\frac{3}{4} m$ über dem Wasserspiegel des Zuführungsbaues, so dass der Effekt der Hebung nur etwa 76% der theoretisch möglichen betragen konnte. Auch in Tharsis und Rio-Tinto hat man solche Heberäder gefunden, die alle dem ersten bis vierten nachchristlichen Jahrhundert angehören. Die Spanier nennen sie *morisca*.

So weit von dem Stande der antiken Grubentechnik; die Schilderung beansprucht, wie in der Einleitung schon angegeben, nicht das Ansehen einer erschöpfenden Darstellung, sondern soll nur den Charakter einer Materialsammlung haben, in der aus den Werken der Alten und den Funden der Neuere einigermassen Bemerkenswerte und Interessante zusammengetragen ist. Weniger und nur in engen Grenzen kräftersparender mechanischer Vorrichtungen, dazu nur einer einzigen Art von Motoren zur Hervorbringung der Leistungen, dieser einen Art aller-

dings in fast beliebig großer Anzahl von Exemplaren, konnten sich die Alten bedienen, so dass gar bald eine Grenze der Arbeitsmöglichkeit erreicht war und der Betrieb auf einer niedrigen Stufe monotoner Beschränkung stehen blieb. Die Bearbeitung des unendlich mannigfaltigen und ausdehnungsfähigen Bergbaugebietes konnte sich nicht zur Kunst entwickeln, sondern musste rohes Handwerk bleiben, das in seinem inneren Werte noch tief herabgedrückt und geschädigt war durch den auf den fast zum Tier heruntersetzten Trägern des Berufes lastenden Fluch der Rechtlosigkeit und des Verbrechertums. Nach und nach musste aber die Beobachtung der den Menschen umgebenden Natur zur Erkenntnis führen, dass die Natur über Kräfte verfügt deren man sich wie seiner eigenen Muskelkraft zur Hervorbringung von Leistungen bedienen könne.

Zur Frage der Nebenproduktengewinnung beim Kokereibetriebe in Westfalen.

Von dipl. Bergingenieur **W. Friz**, Odessa.

(Hierzu Taf. XII und XIII).

(Fortsetzung von S. 425.)

Das Ammoniakwasser wird meist auf schwefelsaures Ammoniak verarbeitet, weil dieses Fabrikat am leichtesten herzustellen ist, überall Absatz findet, leicht und ohne Verlust lange gelagert werden kann und einen jederzeit umzusetzenden Marktpreis hat.

Nachdem das Gas in den Waschern vom Ammoniak befreit ist, gelangt es in einen Gastrockner *P* ($1,8 m \times 1,8 m \times 1,5 m$) und von hier nach dem Gasometer *Q* von $3 m$ Höhe und $5 m$ Durchmesser. Der Gasometer ist zur Erreichung einer Gleichmäßigkeit des Druckes notwendig; außerdem ist er ein ganz vortreffliches Sicherheitsventil im Falle einer Explosion. Das restierende Gas wird maschinell zu den Öfen in Rohrleitung *N* nach den einzelnen Verbrennungsstellen zurückgedrückt. Die Abhitze verlässt die Öfen durch einen Fuchs und einen geräumigen, gut gegen Wärmeverluste geschützten Gasabzugskanal und gelangt unter die Dampfkessel zu deren Beheizung.

Für die Gewinnung der Nebenprodukte stellt sich die Verzinsung günstiger, wenn außer der Teer-, Ammoniak- und Benzolentziehung der Gasüberschuss und die Abhitze zur Dampf- und Kräfteerzeugung herangezogen werden. Hierbei kommen die Gase nicht mit ihrer Eigenwärme zur Verbrennung, ihr Heizwert wird durch Entziehung der Nebenprodukte herabgedrückt. Im letzten Punkte hat die Ammoniakentziehung den geringsten Einfluss, die Teerentziehung vermindert den Heizwert um zirka ein Viertel; Benzoleinfluss ist noch nicht genügend festgestellt. Trotzdem liefern die Öfen noch Gasüberschuss.

Die Abhitze von den Destillationskoksöfen speist acht Kessel, von denen der eine Fairbairnkessel aus Schweißisen mit zwei ausziehbaren Flammröhren

folgende Dimensionen hat: Heizfläche $110,22 m^2$, Länge $7750 mm$, lichter Durchmesser des Kessels $1300 mm$, lichter Durchmesser der Feuerrohre $900 mm$. Die andern sieben Kessel sind genietete Cornwallkessel mit zwei Flammröhren aus Schweißisen; die Heizfläche eines jeden dieser Kessel ist $104,68 m^2$, die Länge $10410 mm$, lichter Durchmesser des Kessels $2300 mm$ und lichter Durchmesser der Feuerrohre $900 mm$. Quer über dieser Batterie von Kesseln befinden sich zwei Dampfsammler von 12500 , bzw. $16000 mm$ Länge und je $1000 mm$ Durchmesser. Die Kessel sind von der Firma „Gutehoffnungshütte“ in Sterkrade erbaut worden. Die angestellten Versuche haben ergeben, dass die mittlere auf den Quadratmeter Heizfläche und pro Stunde erzielte Wasserverdampfung $19 kg$ betrug. Das verdampfte Wasser entspricht einer täglichen Menge von $19 \times 840 \times 24 kg$, da die Gesamtzahl der Heizfläche der acht Kessel $840 m^2$ beträgt. In der gleichen Zeit gelangen $48 \times 6110 kg$ Kohle zur Entgasung. $1 kg$ eingesetzte Koks-kohle leistet also eine Verdampfung von $1,30 kg$ Wasser.

Da täglich 48 Öfen gedrückt werden, so entspricht je einem Ofen $840 : 48 = 18 m^2$ Heizfläche. In 24 Stunden kommen $6110 \times 48 = 293280 kg$ Kohle zur Verkokung; ihre Abgase verdampfen $383000 kg$ Wasser, was $383000 : 8 = 47875 kg$ Heizkohle bei einer Verdampfung von $8 kg H_2O$ für $1 kg$ Kohle entspricht. Setzt man den Selbstkostenpreis der Förderheizkohle mit $6,8 M$ die Tonne, so entspricht die jährliche Ersparnis an Heizkohle im Werte von $47875 \times 6,8 \times 365 = 118000 M$.

Die Abhitze hat vor direkter Feuerung noch den Vorzug der geringeren Reparaturbedürftigkeit der Kessel (keine Stichflamme und keine Temperaturschwankun-

Franz Mládek: Über Erdschütterungen im Příbramer Bergbau-Terrain.

Fig. 1-6.

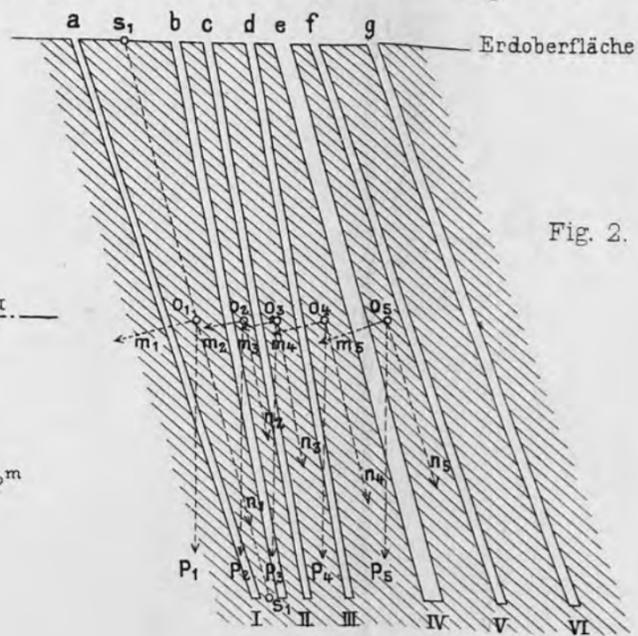
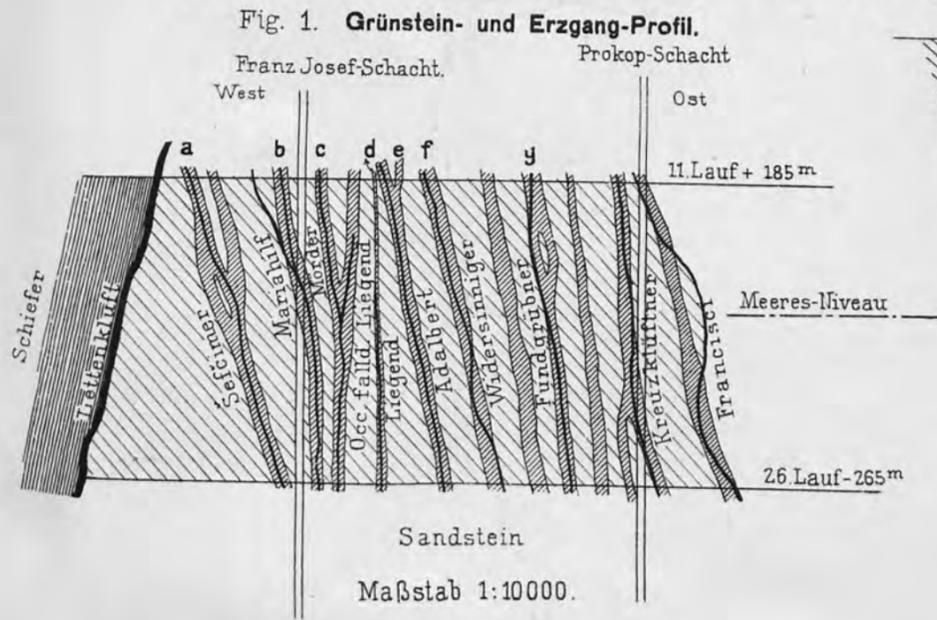


Fig. 3.



Fig. 4.

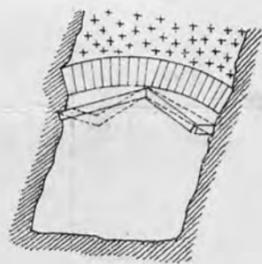


Fig. 5.

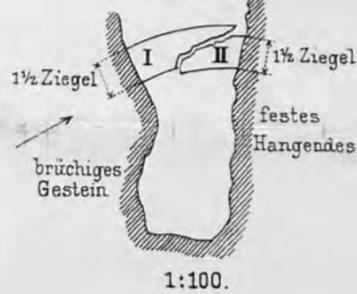


Fig. 6.

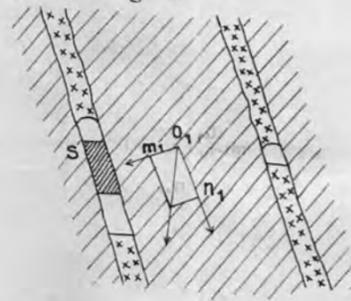


Fig. 11.

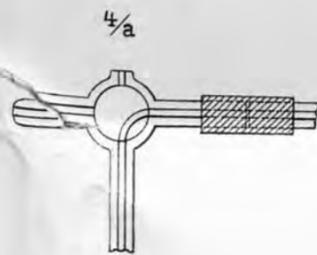


Fig. 13.

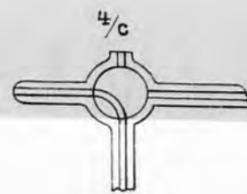


Fig. 16.



Fig. 14.

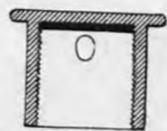


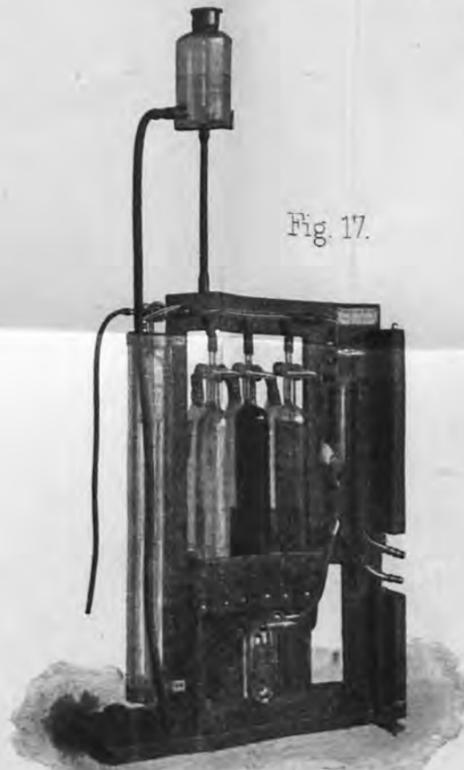
Fig. 15.



4/b Fig. 12.



Fig. 17.



Max. Moller: Vorrichtung zur Untersuchung von Rauchgasen. Fig. 7-17.

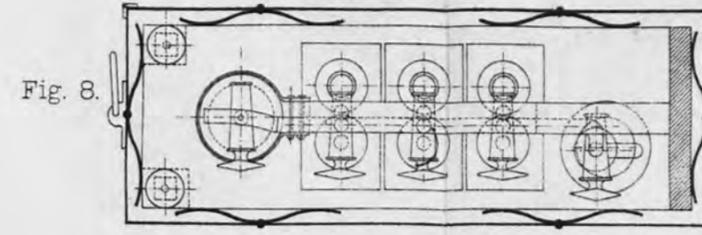


Fig. 8.

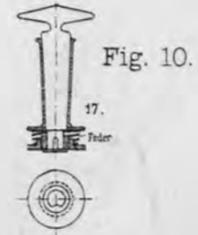


Fig. 10.

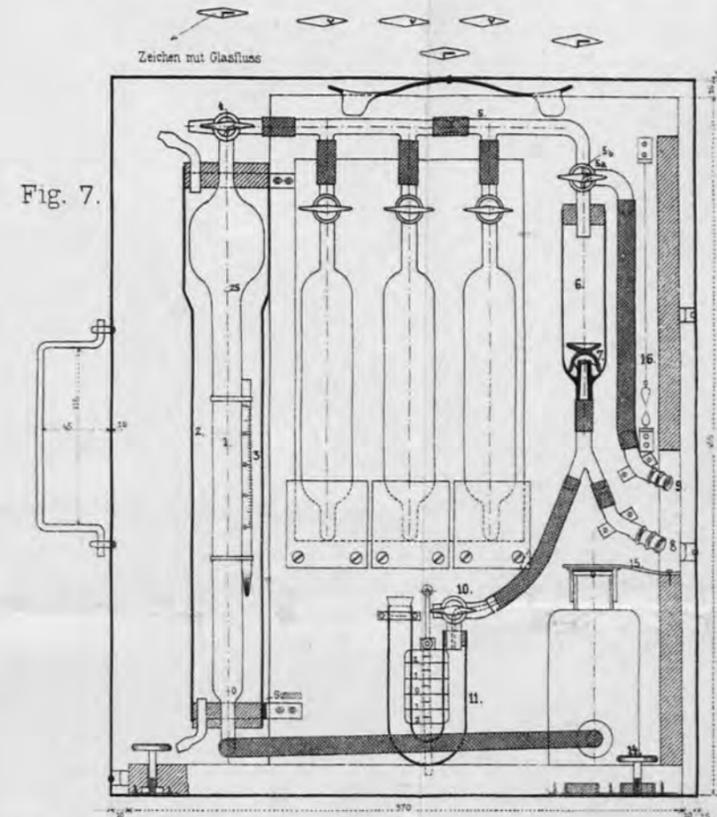


Fig. 7.

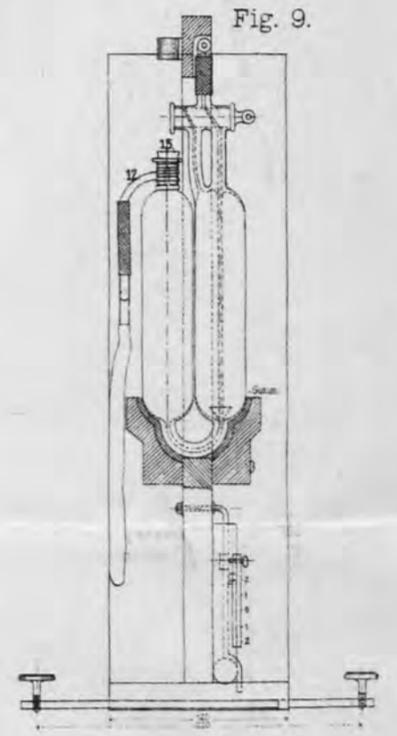


Fig. 9.

Frd. Freise: Bergleute und Bergbaukunst bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern. (Fig. 18-24.)

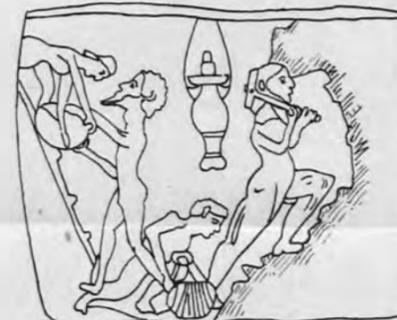


Fig. 21.

Fig. 22-24. 1:24.

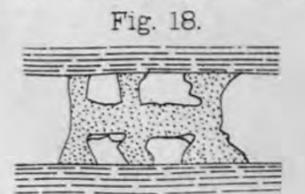
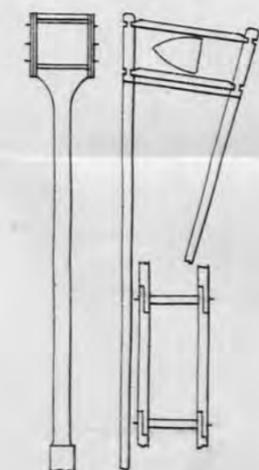


Fig. 18.

Fig. 20.



Fig. 19a.

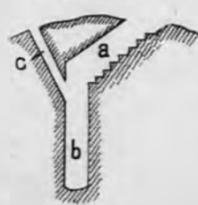


Fig. 19b.

